Vom Zufall zum Programm

Neueste Erkenntnisse aus der Forschung
und was Krebs wirklich ist

TEIL 2

Wie der Organismus gesteuert wird
und was Gene wirklich sind

Jaroslaw Glanz

Die vorliegende Abhandlung ist der zweite Abschnitt einer mehrteiligen Artikelreihe über die Erkrankung Krebs.
Sollte ein Interesse an den anderen Teilen bestehen, können diese über die unten angeführte E-Mail-Adresse als PDF-Dokument angefordert werden.
Bei Fragen oder Diskussionsbedarf kann der Autor gerne kontaktiert werden.

Veröffentlicht von
Jaroslaw Glanz
Reinkenwiese 15a
33378 Rheda-Wiedenbrück
April 2026
E-Mail: j38317glanz@gmail.com
Die Weitergabe ist gestattet

„Es sind nicht unsere Gene,
die unser Schicksal bestimmen,
sondern unsere Überzeugungen."

— Bruce Lipton

Vorwort

„Nichts im Leben ist zu fürchten, es ist nur zu verstehen. Jetzt ist es an der Zeit, mehr zu verstehen, damit wir weniger fürchten."

— Marie Curie (Physikerin und Chemikerin)

Im Jahr 2014 hat *Sony* die Laptop-Sparte *Vaio* eingestellt und verkauft. *Vaio* war eine der Großen im Premiumsegment. *Sony* ist ein Hightech-Gigant und ein technologisches Rückgrat für Hardware der modernen digitalen Welt - vor allem im High-End-Bereich. Im Jahr 2018 stieg *Sony* in einen „neuen" Bereich ein. Möchten Sie raten in welchen? … Schallplatten!
Sony war an der Entwicklung der *CD* beteiligt, welche die Schallplatte um 1990 verdrängte, und stellte im Jahr 1989 die eigene Schallplatten-Produktion ein. Nun, 30 Jahre später, begann *Sony* wieder Schallplatten zu pressen. Doch es gab ein Problem. Die Pressmaschinen waren noch irgendwo im Keller und mussten nur vom Staub befreit werden, Vinyl (PVC) kann man immer bekommen, doch: Weiß noch irgendjemand, wie man das macht? Nach 30 Jahren mussten pensionierte Ingenieure zurückgeholt werden, um als Mentoren zu dienen, und so das verschollene alte Wissen zu retten.

Der Schallplatten-Markt boomt wieder weltweit. Die Nachfrage übersteigt 25% bis 40% das Angebot. Die Ursachen für diesen wiederentdeckten Trend sind vielfältig. So ein Schallplattenspieler hat etwas romantisches, weil nostalgisches und ästhetisches, an sich. Die, im wahrsten Sinne des Wortes, Greifbarkeit des Mediums, die Sichtbarkeit der Information und das bewusste körperliche Einlegen dessen, was man konsumieren möchte, hat etwas von *Echtheit*. Ein Konzept, nach dem unser tiefstes Wesen verlangt, aber im Strudel der modernen Welt häufig nicht bekommt. Doch am wichtigsten ist hierbei, meiner Meinung nach, der in uns natürlicherweise sitzende Wunsch nach *Verstehen*. Neugier ist ein wesentliches Merkmal eines gesunden Menschen. Die Funktionsweise eines Schallplattenspielers kann man von A bis Z einem Kind erklären, und die meisten Schritte auch noch plastisch sehen und tasten lassen. Die heutigen Technologien kaufen wir fast nur noch in schwarzen, weißen oder grauen Boxen, deren Funktionsweise wir häufig nicht mal erkennen können, wenn wir die Hülle aus Neugier öffnen. Wir überlassen das Verstehen fremden Menschen, und bezahlen sie dafür. So ein veraltetes Gerät zu bedienen, ist vielleicht bei manchen ein unterbewusster Versuch, sich wieder lebendiger zu fühlen. Erkennen, tasten, körperlich betätigen und vor allem *verstehen*.

Der zweite Teil dieser Artikelreihe über Krebs, ist dem Verstehen gewidmet. Nein, diesmal wird noch nicht erklärt, was Krebs ist. Heutzutage hat man sich daran gewöhnt, alles schnell zu bekommen: Antworten, Symptombefreiung, Stillen von Verlangen. Echte Erkenntnis, echte Heilung und tiefe Erfüllung müssen allerdings reifen! Um Krebs zu verstehen, muss man zunächst den Ort seines Wirkens verstehen. Wie gut verstehen wir unseren Körper? Ich wünsche mir vor allem, dass ich durch diesen Artikel, Ihre Neugier etwas steigern kann. Das Verlangen, selbstständig zu forschen und nicht einfach fremden Menschen zu vertrauen, was sie über Ihren eigenen Körper zu wissen glauben.

Dass man Schallplattenspieler vom Dachboden der Großmutter holt, ist ein schöner Trend. Doch es ist wohl eine von wenigen Ausnahmen, die man als positiv betrachten kann, wenn es darum geht, neuere Technologien durch alte zu ergänzen. Was würde man von jemandem halten, der heutzutage ein Waschbrett benutzen würde? Oder eine mechanische Schreibmaschine? Das Telefon mit Wählscheibe, ein Bügeleisen mit Kohlefüllung, den Pferdepflug oder die 2,5 m^2 Landstraßenkarte für eine Europatour?

Im ersten Teil haben wir gemerkt, dass die Vorstellung von Krebs, was sein Wesen und seine Ursache angeht, in den meisten Köpfen eine grundlegend verkehrte ist. Ein Krebstumor ist kein dummer, wild und blind um sich wuchernder und zerstörender Klumpen, sondern ein äußerst spezialisiertes, vielseitiges und hochgradig zielgerichtetes System. Was die Ursachen angeht, können Zufall und Genmutation nicht weiter von der Realität entfernt sein. Die Sichtweise der Allgemeinheit über Krebs ist wissenschaftlich unzeitgemäß. Es ist wie einen Schwarz-Weiß-Röhrenfernseher mittels Kurbelgenerator und Powerstation zu betreiben. (Als Familie mit vielen Kindern theoretisch möglich, jedoch mit sozialem Stress verbunden.) Ist denn die Kenntnis des aktuellsten Standes der Forschung über Krebs so wichtig? Natürlich: Man versucht ja auch nicht ein Smartphone mit Hammer und Schmiedezange zu reparieren.

In diesem Teil wird das Thema Genetik nochmal vertieft. Auch hierbei werden wir feststellen, dass die Vorstellung der Allgemeinheit über die Gene eine recht unzeitgemäße ist. Angesichts der Erkenntnisse der letzten 15 bis 20 Jahre über die Epigenetik, sollten wir die geliebte Gen-Fixierung so langsam ins Museum bringen. Die Steuerung des Organismus und die Funktionalität des Genoms haben sich als weitaus komplizierter und flexibler offenbart, als lange Zeit angenommen wurde. Die neuesten Erkenntnisse über die Funktionalität unseres Körpers werden garantiert auch Sie mehrfach in Staunen versetzen.

1. Information und Intelligenz

Der wichtigste Schritt zur Erkenntnis, was das zielgerichtete „*System Krebs*“ sein könnte, besteht darin, zu verstehen, *wie* es agiert. Durch die Beobachtung seines Vorgehens und seiner Werkzeuge, werden sich seine Eigenart, seine Vorlieben und seine Stärken und Schwächen offenbaren.
Wichtig ist von vornherein zu bedenken, dass Krebs sich nicht von Grund auf neu aufbaut, indem es einfach nur Nähr- und Baustoffe entwendet. Krebs nutzt vielmehr vorhandene Mechanismen des betroffenen Organismus für seine Zwecke aus. Wie macht er das? Er übernimmt die Kontrolle über bestimmte Regelzentren des Wirts. Als bildlichen Vergleich könnte man sagen, Krebs ist in der Hauptrolle kein einfacher Dieb oder Schmarotzer, sondern ein Hacker. Oder: Krebs ist ein Experte in der Cyberkriegsführung.
Bevor wir jedoch nach Spuren suchen können, müssen wir zunächst verstehen, wie die besagten Regelzentren unter normalen (gesunden) Gegebenheiten funktionieren. Im Grunde bedeutet es nichts anderes, als zu verstehen, wie unser biologischer Organismus gesteuert wird.

Steuerung basiert auf zwei Grundpfeilern: Information und Intelligenz. Eigentlich ist es sogar so, dass diese drei nur in einem eng verbundenen Zusammenspiel existieren können - überhaupt erst Sinn ergeben. Jedes der drei Faktoren ist von den anderen beiden abhängig. So enthält z.B. die Intelligenz bei ihrer Definition, als feste Bestandteile die Information und die Steuerung: Intelligenz ist die Fähigkeit, Information zu speichern, zu entschlüsseln (verstehen), zu übertragen (kommunizieren), und aufgrund dieser, selbstständige Entscheidungen zu treffen (steuern).

Der Mörtel, der diese „Familie“ zusammenhält, ist die Informationsübertragung. Das heißt, der Weg, den die Information zur Wirkung nehmen muss - ihre Bewegung. Information hat, ohne die Möglichkeit der Bewegung, keinerlei Nutzen. Sie erhält ihren Sinn und Zweck nur dadurch, dass sie zum Empfänger gelangt. Information für sich allein genommen ist somit tot. Sie enthält selbst keine Intelligenz. Sie dient nur der Intelligenz. Erst eine Intelligenz gibt der Information Sinn, indem sie dieser ihren Weg zum Ziel weist.

1. 1 Genetik

Schon seit Jahrzehnten ist die Genetik das Vorzeigeschild der modernen Biologie. Und noch viel mehr. Sie hat sich zur treibenden Lokomotive mehrerer großer Wissenschaftszweige entwickelt, wobei sie von Jahr zu Jahr durch Unmengen an Fördermittel, stetig an Fahrt zunimmt. Die Erkenntnisse in der - und die Möglichkeiten durch die Genetik sind gewaltig und nehmen aufgrund der weltweiten Forschung stetig zu.

Neben anderen Nachteilen, wie z.B. ethischer Grenzüberschreitungen oder Entwicklung hochpotenter aber kurzsichtiger Medikamente, hat sich die Genetik teilweise auch als Bremse allgemeiner biologischer Erkenntnis erwiesen. Auf den ersten Blick klingt es wie ein Widerspruch: Viel Erkenntnis bremst Erkenntnis? Wir haben es hierbei mit einem Paradebeispiel des Sprichwortes „vor lauter Bäumen den Wald nicht sehen“ zu tun. Später werden wir sehen, wie exakt dieses Sprichwort die Zellbiologie betrifft. Doch zurück zur Erkenntnisbremse: In den Genen hat man die Information des Lebens erkannt und durch die Manipulation der Gene erhofft man

sich die Lösungen für viele Probleme der Menschheit zu finden. Wo man auch hinschaut, Genetik ist nicht nur in aller Munde, sondern wird hochlöblich gepriesen und als ein wichtiges Werkzeug für eine rosige Zukunft vorausgesagt. Trotz der zahlreichen gewonnenen Vorteile, hat sich die Genetik durch die Euphorie und natürlich auch durch negative menschliche Ambitionen, wie Gewinn und Ansehen, auch zu Scheuklappen entwickelt.

Beim Thema Krankheit, hat sich der Verweis auf die Gene als die Antwort schlechthin etabliert. Vor allem unter Laien, aber auch stark vertreten in der praktizierenden Medizin, spielt dieses Konzept eine ausschlaggebende Rolle in der Ursachenbegründung einer Erkrankung. Bei chronischen Zivilisationskrankheiten, wie dem Diabetes mellitus Typ 2, entwickelt sich sogar zunehmend der Trend, den Genen als Ursache einen noch höheren Stellenwert zuzuschreiben, als noch vor 10 bis 20 Jahren. Angesichts der Erkenntnisse der Epigenetik, der Systembiologie und der Populationsforschung, erweist sich dieser Trend jedoch als Rückschritt.

Die Überbetonung der Genetik führt zu Fehlern. Dies hat unterschiedliche Ursachen, wobei zunächst nur eine davon für unser Thema relevant ist: Die Trennung der Information von der Steuerung. Was ist nämlich das Genom? Es ist reine Information. Doch Information für sich allein genommen hat im Grunde wenig Wert. Losgelöst von der ursprünglichen treibenden Steuerung und vom natürlichen Weg der Übertragung ist die Gefahr sehr groß, Information fehl zu deuten.

Wie wird unser Organismus gesteuert? Obwohl es offensichtlich ist, dass beim Thema Krebs hiermit die Zellebene gemeint ist, sollten wir doch auf der Organebene beginnen. Die Organebene wird sich nämlich als außerordentlich relevant für unser Thema herausstellen, gleichzeitig soll es aber auch verdeutlichen, dass manche Fragen nach der Funktionalität des Organismus gar nicht so einfach zu beantworten sind. Fangen wir mit einer einfachen Frage an:

Was ist das größte Organ des menschlichen Organismus?

Ihre Antwort: …

Sicher?

2. Das größte Organ des Menschen

2. 1 Der Favorit

Die ersten 15 Angaben (das gesamte erste Fenster) bei einer Suchanfrage bei Google geben die Haut als das größte Organ des Menschen an. Im zweiten Fenster wird dann noch die Leber, als das größte innere Organ erwähnt. Interessant wird es bei der 20. Angabe. Hiernach soll der Darm das größte Organ des Menschen sein. Um die Diskrepanz aufzulösen, muss man schauen welcher Aspekt genau verglichen wird. Beim Darm wird zunächst die Länge als Vergleichswert angebracht. Doch hier fällt auch schon ein gravierender Fehler auf: Der Dünn- und Dickdarm werden als eine Einheit gemessen. Auch wenn sie ähnlich heißen und einige gleiche Funktionen erfüllen, sind sie aufgrund mehrerer gravierender Unterschiede in Aufbau und Funktion, als unterschiedliche Organe zu betrachten. Was die Länge angeht, kann der Darm sowieso nicht mit

dem Arteriensystem mithalten. Als zweites wird die Fläche des Darms als Vergleichswert genannt. Im Vergleich zur Haut ist die Fläche des Dünndarms zur Außenwelt tatsächlich viel größer. Doch mittlerweile ist bekannt, dass die Fläche der Lunge zur Außenwelt, die des Dünndarms um mehr als das Doppelte übersteigt.

Schon bei erster kurzer Recherche merkt man, dass die recht einfache Frage nach dem größten Organ, verschiedene Sichtweisen eröffnet und einen Grund zum Streiten liefert. Neben der Sichtweise, spielt auch der wissenschaftlich aktuelle Stand, aber auch die wissenschaftliche Position eine wichtige Rolle. Einfacher ausgedrückt: Wissenschaft ist nicht starr und nicht einheitlich. Erstens: In der heutigen Zeit ist es auch für Fachleute nicht einfach, auf dem aktuellen Stand zu sein. Und zweitens: Unter den Fachleuten existieren unterschiedliche Schulen, die z.B. Indizien unterschiedlich deuten.

Um weiterzukommen benötigen wir eine Definition. Diese ist offiziell die folgende: „*Der Begriff Organ bezeichnet in der Biologie einen aus verschiedenen Geweben zusammengesetzten Teil des Körpers, der eine abgegrenzte Funktionseinheit darstellt.*“[1] Der wichtigste Begriff dieser Definition ist *Funktion*. Er spiegelt den aktuellen wissenschaftlichen Stand wieder. Die Sichtweise auf Organe hat sich nämlich von anatomisch (Lehre von strukturellem Aufbau), über physiologisch (Lehre von den Vorgängen), hin zu funktionell (Lehre von der Aufgabe) weiterentwickelt. Das Blut wurde entsprechend schon länger als Organ eingestuft und es besteht sogar eine Diskussion darüber, inwieweit das Mikrobiom als eigenständiges Organ angesehen werden kann. Mit der Definition im Handgepäck setzen wir unsere Recherche nach dem größten Organ weiter fort. Und wer googelt schon bei medizinischen Themen?

Dieselbe Frage an Googles intelligentere Maschinerie (Gemini 3 Flash) ergab dieselbe Antwort: „*Die Haut ist das größte Organ im ganzen Körperland.*“ Es erfolgt eine Begründung: Fläche, Gewicht, Dicke. Auf die Nachfrage: „*Bist du sicher?*“, folgt eine klare Antwort: „*Ja, absolut!*“ Und als Fazit sagt Gemini zum Schluss: „*Wenn in einem Quiz oder einer Prüfung nach dem größten Organ gefragt wird, ist die Haut die richtige Antwort.*“

Wir lassen uns natürlich nicht von einem Roboter belehren, wie wir aufgebaut sind. Immerhin ist der Mensch der Schöpfer der KI’s. Wir gehen auf Nummer sicher und lesen in der aktuellsten medizinischen Fachliteratur selber nach. In Deutschland ist es das Standardwerk „Duale Reihe - Dermatologie“ vom Verlag „Thieme“, in der neunten Auflage, von 2024. Beworben wird es mit der Zusicherung, dass man damit „*perfekt auf den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung vorbereitet*“ sei, und es einen „*kompetent während* [der] *Facharztweiterbildung begleiten*“ würde. Tatsächlich, auf Seite 14 haben wir die fachmännische Bestätigung: die Haut wird als das größte Organ des Menschen bezeichnet, mit 1,5 - 2 m² Fläche und 3,5 - 10kg Gewicht.[2]

---

[1] https://flexikon.doccheck.com/de/Organ (10.04.2026)

[2] Moll, Ingrid, Duale Reihe - Dermatologie, Thieme, 2024[9] , S. 14

2. 2 Das Interstitium (Zwischenzellgewebe)

Die Erforschung eines lebenden Organismus ist mit zahlreichen und großen Hürden verbunden. Je kleiner das zu untersuchende Gewebe, desto schwieriger wird es. Dabei bilden jedoch nicht die mikroskopischen Verhältnisse das eigentliche Problem, sondern die systemische Abhängigkeit. Wenn man einen Teil eines biologischen Körpers vom gesamten Organismus trennt, ist sein Zustand nicht mehr identisch, mit dem, den er noch als Teil des Organismus hatte. So wurden und werden, trotz Hightech-Mikroskope und modernster chemischer und physikalischer Verfahren, immer wieder vorhandene Dinge oder Verhältnisse nicht gesehen oder falsch interpretiert. Beispiele für Veränderungen außerhalb natürlicher Verhältnisse sind: Das Gewebe kollabiert, die Biochemie wird durch aggressive chemische Stoffe zerstört oder verändert, lebende Zellen und Mikroorganismen sterben oder ändern ihr Verhalten, die Physiologie wird eingestellt oder umgestellt.

Lange Zeit galt die Leber, was das Gewicht angeht, als das größte Organ des menschlichen Körpers. Erst seit den 1960er Jahren, in denen die Erkenntnisse der Zellbiologie rasant zunahmen, eroberte die Haut den ersten Platz in der Rangordnung der größten Organe.

Während sich fast die gesamte Fachwelt durch neue technologische Möglichkeiten und Faszination an der Erkenntnis der hohen Komplexität einzelner Zellen, der Zellbiologie hingab, keimte in den 1950er Jahren im Hinterhof der Wissenschaft eine Erkenntnis, die der Zeit um Jahrzehnte voraus war.

Noch bis zur Hälfte des 19. Jahrhunderts hatte die Säftelehre eine wichtige Stellung in der Pathologie. *Rudolf Virchow* revolutionierte die Medizin, indem er 1858 die Zellularpathologie begründete. Für ihn entstand Krankheit auf zellulärer Ebene, d.h. auf zellulären Veränderungen. Er sah in der Zelle die kleinste Einheit für Leben und Krankheit. *Virchows* Leitsatz war: „Die Zelle ist alles."

Circa 100 Jahre später begann *Alfred Pischinger* die klassische Zellularpathologie zu hinterfragen. Sein logischer Ansatz war, dass man Krankheiten nicht verstehen kann, wenn man nur die Zellen isoliert betrachtet und alles, was dazwischen ist, ignoriert. 1953 veröffentlichte er eine Arbeit, in der er dem Zwischenzellgewebe eine hohe Bedeutung beimaß. Er beschrieb es als dynamisches und lebendiges Milieu, im Gegensatz zu der allgemeinen Sichtweise als totes Füllmaterial oder einfachen Lagerraum. 1975 veröffentlichte Pischinger sein Hauptwerk *Das System der Grundregulation*, in welchem er seine jahrzehntelange Forschung zusammenfasste und das Interstitium als ein verbindendes Regulationsorgan des Körpers definierte. Er nannte das Interstitium auch *Zelle-Milieu-System*, wiederum bestehend aus mehreren biologischen Systemen, die über eine *extrazelluläre Matrix* miteinander verbunden seien. Diese Matrix übernehme den Hauptpart der Ernährung der Zellen und der Entsorgung, sei gleichzeitig der Ort aller Entzündungs- und Abwehrvorgänge, und übernehme selbstständig die Umwandlung verschiedener Proteinmoleküle in kompakte Gefüge. Auch diverse andere Aufgaben werden noch gelistet.[3] Pischinger erkannte, dass man die Funktionsweise des Menschen und die Entstehung von Krankheiten nur verstehen kann, wenn man den Organismus als Ganzes, als System

[3] Pischinger, Alfred, Das System der Grundregulation, Haug - Thieme-Verlagsgruppe, 2014[12], S. 67ff

betrachtet. Die Zellen und unterschiedlichen Gewebe lebten und arbeiteten nicht isoliert, sondern seien durch ein Regelwerk miteinander grundlegend verbunden.

Das Interstitium ist also nicht einfach nur Zwischenraum. Es ist qualitativ und quantitativ hochfunktionell. In den Laboren wird seine Funktionalität häufig übersehen, weil man erstens nicht genau darauf schaut und zweitens, weil es herausgelöst kollabiert und seine Matrixflüssigkeit verliert. Wenn es funktionell ist, ist es ein Organ. Weil es verbunden ist, ist es *ein* Organ. Wenn es ein einzelnes Organ ist, dann ist es um einiges größer als die Haut, was sowohl Fläche als auch Volumen angeht - zumal es ja auch die Haut durchzieht. Wenn es größer ist als die Haut, dann ist es das größte Organ. Doch wir sind noch nicht fertig: Wenn die Haut in den 1960er Jahren diesen Status erhielt und Pischinger schon in den 1950er Jahren das Interstitium so beschrieb, dann war die Haut beim Wettrennen gedopt.

Was die Klassifizierung zu den Organen und deren Größe angeht, spiegelt die Beurteilung natürlich nur eine Sichtweise von mehreren wider. Was die Erkenntnisse Pischingers allgemein angeht, haben wir es hier augenscheinlich mit einer gravierenden Unterschätzung in Bezug zur allgemeinen Krankheitslehre zu tun. Das soll hier jedoch noch nicht Thema sein. (Wenn jemanden in diesem Zusammenhang die Krankheitslehre interessiert, dem werden hiermit wärmstens Lothar Wendt[4] und Michael Worlitschek[5] empfohlen.)

2. 2. 1 Die Wende

Noch bis vor einigen Jahren wurden seitens der evidenzbasierten Wissenschaft einige Belege und Behauptungen Pischingers als Auslegungssache abgetan. Es fehlte an harten Indizien, die den strengen Anforderungen der modernen Wissenschaft entsprachen. Vor allem die verlangte Beschreibung der anatomischen Struktur und ihre optische Darstellung in physiologischem Zustand, konnte er nicht erbringen. Ihm fehlten die „direkten“ Nachweise „in vivo“ (im Lebendigen). Seine Beschreibungen der Regulationen und des Stoffwechsels ermangelten der Benennung der dahinter liegenden Mechanik. Aufgrund der komplexen und zerbrechlichen

---

[4] Z.B.: Wendt, Lothar, Gesund werden durch Abbau von Eiweißüberschüssen, Schnitzer-Verlag, 1995
Während Pischinger die Theorie lieferte, konzentrierte sich Wendt als praktizierender Arzt auf die krankmachenden Faktoren eines gestörten Interstitiums. Durch histologische Untersuchungen und bildgebende Verfahren zeigte er auf, dass die Ursache für viele Zivilisationskrankheiten in einer Beeinträchtigung, vor allem einer Verstopfung, des Interstitiums liege. Die Ursache für die Verstopfung, also Verminderung der Durchlässigkeit, sah er vorrangig in einer übermäßigen Eiweißaufnahme. Das überschüssige Eiweiß würde im Interstitium und in der Gefäßwand von Arterien teilweise gespeichert. Seine Erklärungen für viele Erkrankungen basieren auf nachvollziehbaren physikalischen Kräften und kommen ohne gedankenexperimentelle Konzepte, wie z.B. Insulinresistenz, genetische Veranlagung, Autoimmunkrankheit oder Altersbedingtheit aus.
Siehe alle seine Veröffentlichungen auf: https://www.prof-wendt.de/de/prof-dr-lothar-wendt/literaturverzeichnis/ (10.04.2026)

[5] Z.B.: Worlitschek, Michael, Säure-Basen-Haushalt, Grundlagen und Therapie, Haug-Verlag, 2019[8]
Worlitschek sieht die Ursache mannigfacher Erkrankungen in lokaler Übersäuerung. Diese beginne immer im Interstitium, wobei auch bei ihm die Hauptursache für Übersäuerung und somit Krankheit, in der Verminderung der Durchlässigkeit des Zwischenzellgewebes zu suchen sei. Aus eigener klinischer Erfahrung beschreibt er z.B., wie er durch intravenöse Verabreichung von Natriumhydrogencarbonat akute Angina-pectoris-Anfälle und TIAs beseitigte und dadurch wie er sagt, wahrscheinlich zumindest teilweise, Herzinfarkte und Schlaganfälle verhinderte. Sowohl bei Herzinfarkt, als auch bei Schlaganfall sieht er in den meisten Fällen die Ursache in einer lokale Übersäuerung und nicht wie standardmäßig angenommen, eine akute gestörte Durchblutung.

Zusammensetzung des Untersuchungsobjekts und fehlender technologischer Hilfsmittel, blieben somit mehrere Aussagen Pischingers hypothetischer Natur.

Die Erforschung des Interstitiums blieb lange Zeit ein vernachlässigtes Randgebiet der Biologie. Als den geistigen Nachfolger Pischingers kann man den Biologen und Schriftsteller *Hartmut Heine*[6] bezeichnen. Er untermauerte Pischingers Thesen, indem er die biochemischen und molekularbiologischen Vorgänge im Interstitium beschrieb. Für weitere Teilbereiche oder Grenzbereiche der Biologie war das Interstitium zumindest ein wichtiges Medium.[7,8,9]

Im Jahr 2018 kam die große Wende. Was Pischinger schon 50 - 70 Jahre zuvor postuliert hatte, wurde nun in vieler Hinsicht, mit strengsten empirischen Methoden der Biologie, bestätigt. In diesem Jahr erschien in *nature* ein Artikel über ein technologisch neues Verfahren, welches eine „*Echtzeit-Bildgebung von menschlichem Gewebe in einer Tiefe von 60-70 µm während der Endoskopie*“ ermöglicht: Die „*konfokale Laserendomikroskopie*“ (pCLE). Diese Methode ermöglicht das Gewebe während einer Endoskopie bis zu 1000-fach zu vergrößern, direkt am lebenden Menschen. Die Autoren berichten von Entdeckungen im Gewebe, „*für das es keine bekannte anatomische Entsprechung gab*“. Sie führen weiter aus: „*Dies belegt, dass sie Teil der Submukosa und eines bisher unbekannten, flüssigkeitsgefüllten Interstitiums ist, das in Lymphknoten drainiert und von einem komplexen Netzwerk dicker Kollagenfaserbündel gestützt wird. … Wir beobachten ähnliche Strukturen in zahlreichen Geweben, die intermittierender oder rhythmischer Kompression unterliegen. … Diese anatomischen Strukturen könnten für die Metastasierung von Krebs, Ödeme, Fibrose und die mechanische Funktion vieler oder aller Gewebe und Organe von Bedeutung sein. Zusammenfassend beschreiben wir die Anatomie und Histologie eines bisher unbekannten, aber weit verbreiteten, makroskopischen, flüssigkeitsgefüllten Raums*

---

[6] Z.B. Heine, Hartmut, Lehrbuch der biologischen Medizin - Grundregulation und Extrazelluläre Matrix, Haug-Verlag, 2014[4]

[7] Z.B. Popp, Fritz-Albert, Biophotonen - Neue Horizonte in der Medizin, Von den Grundlagen der Biophotonik, Haug-Verlag, 2013[3]
Die *Biophotonik* nach *Fritz-Albert Popp*, der eigentlich Physiker war. Die *Biophotonen* hat er schon in den 1980er Jahren nachgewiesen. Seine Theorie besagt, dass Zellen auch durch Biophotonen kommunizieren und alle biochemischen Prozesse untereinander koordinieren. Für ihn war das Interstitium nicht nur ein Stoffwechselraum, sondern ein elektromagnetisches Informationsnetz-werk, das schneller reagiert als Nervenimpulse.

[8] Z.B. Randoll, Ullrich G., Das Matrix-Konzept, Die Grundlagen der Matrix-Rhythmus-Therapie, Verlag Systemische Medizin, 2013
Noch entferntere Randgebiete betreffen Theorien, die den Naturheilverfahren zuzuordnen sind und vom aktuellen wissenschaftlichen Stand die Grenze zur Esoterik eventuell überschreiten. Z.B. die *Matrix-Rhythmus-Therapie* nach *Ullrich Randoll*. Diese Therapie begründete Randoll in den 1990er Jahren, welche auf auf einer angenommenen Mikrozirkulation im Interstitium basiert. Hiernach sollen die Zellen im Interstitium in einer bestimmten Frequenz schwingen, damit der Stoffaustausch funktioniere. Durch „Versumpfung“ breche dieser Rhythmus zusammen, was zu Schmerzen und Degeneration führe.

[9] Wichmann, Fromme, u.a., Handbuch der Umweltmedizin, Ecomed - Storck, 2020
Aber auch in manchen fest etablierten Fachbereichen wurde der extrazellulären Matrix eine gewisse Bedeutung beigemessen, wobei eine Unterscheidung zu Pischinger betont werden muss, weil in diesen vorrangig der Lageraspekt gesehen wird. So z.B. das Standardwerk zu Toxikologie und Epidemiologie *Handbuch der Umweltmedizin* von *Erich Wichmann.* Das Interstitium wird hier nicht nur als reiner Transportweg zwischen Blutbahn und Zelle, sondern als Speicherort beschrieben, in dem sich Schadstoffe ansammeln und die Regelkreise der anliegenden Zellen stören können. Seine Depotwirkung (z.B. Schwermetalle oder schwer abbaubare organische Verbindungen) wird als ausschlaggebender Bestandteil von Entzündungen und Schädigungen schützender Barrierefunktionen beschrieben.

innerhalb und zwischen Geweben - eine neuartige Erweiterung und Spezifizierung des Konzepts des menschlichen Interstitiums.“[10]

Die bei Pischinger fehlenden anatomischen und optischen Belege wurden hiermit geliefert. Dass die Autoren weder Pischinger noch Heine erwähnen und bei ihren Funden von einem „*bisher unbekannten Raum*“ sprechen, liegt an der wissenschaftlichen Methode. Sie beschreiben erstens *nur* einen bestimmten Teil innerhalb des Interstitiums und zweitens, liefern sie messbare und reproduzierbare Daten, welche Pischinger in diesem Zusammenhang höchstens theoretisch ableiten konnte. Pischinger postulierte zwar auch einem „Raum“, seine Kritiker sahen vor 2018 unter dem Mikroskop allerdings nur eine dünne Schicht aus dichtem Bindegewebe. Mit der pCLE-Methode sieht man Teile dieser Räume jetzt offen und gefüllt. Das Konzept *Organ* wird in diesem Artikel allerdings, weder auf die neu entdeckten Räume, noch auf das Interstitium allgemein, angewandt.

Normalerweise verbleibt die Erkenntnis solcher Experimente in fachspezifischen Kreisen. Dieser Artikel hat jedoch eine hohe Popularität erlangt, die er teilweise heute noch besitzt. Und das nicht nur in der Fachwelt, sondern auch im Mainstream. Der ausschlaggebende Faktor, welcher große Wellen in Wissenschaft und Medien schlug, war eine Pressemitteilung, die der Leiter der Analyse *Neil Theise* noch am selben Tag der Veröffentlichung über die Universität *NYU Langone Health* in New York, wo er tätig war, abgab. Er behauptete, dass die besagte Studie „*das Interstitium erstmals als eigenständiges Organ und als eines der größten des Körpers*“ definiere.[11] Da sich beide Behauptungen im wissenschaftlichen Artikel selbst nicht finden, meinte Theise damit wahrscheinlich die Ableitung, welche die Autoren hinter der Bühne diskutierten, jedoch in diesem Artikel, wegen strenger methodischer Regeln, so nicht nennen konnten. Darüber hinaus war es wahrscheinlich ein Versuch, Bekanntheit zu erlangen. Dies ist ihm allemal gelungen. Seitdem wird sein Name weltweit mit dem „neuen“ und teilweise „größten Organ“ in Verbindung gebracht. Allerdings auch verdient: Er war nämlich nicht nur ein beteiligter Wissenschaftler, sondern der Leiter der Untersuchungen, der hierbei unterschiedliche Disziplinen (Endoskopie, Pathologie, Zellbiologie) zusammenführte.

Warum ist jetzt die Rede von dem „größten“ Organ? Die genannten Publikationen haben eine, der Wichtigkeit der Entdeckung und der provokativen Behauptung, entsprechende Diskussion in der Fachwelt losgetreten. Die Nachfolger Pischingers sind natürlich gleich aufgesprungen und sehen in den Entdeckungen von 2018 den Beweis dafür, dass das Interstitium, ein schon lange vermutetes Organ sei. Wegen der Ausmaße, so die weitere Argumentation, müsste es das größte Organ sein, was sein Gesamtvolumen und seine Arbeitsfläche angeht. Daneben wird auch argumentiert, dass es nicht nur flächenmäßig, sondern auch funktionell noch bedeutender sei, als die Haut. Doch das war erst der Anfang. Die Indizien zur neuen Organ-Theorie sollten sich in den folgenden Jahren noch vermehren und verfestigen.

---

[10] Theise, Benias, u.a., Structure and Distribution of an Unrecognized Interstitium in Human Tissues, nature, 2018, https://www.nature.com/articles/s41598-018-23062-6 (11.04.2026)

[11] Theise, Neil D., Researchers Find New ‚Organ‘ Missed by Gold Standard Methods for Visualizing Anatomy & Disease, NYU Langone Health, 2018, https://nyulangone.org/news/researchers-find-new-organ-missed-gold-standard-methods-visualizing-anatomy-disease (11.04.2026)

Die Entdeckung von 2018 war es natürlich wert, in diese Richtung weiterzuforschen. So erschien im Jahr 2021 eine Ergänzung der Thematik aufgrund weiterer Erkenntnisse. Das bis dahin nur vermutete, aber fragliche Zusammengefügtsein der einzelnen beschriebenen „Räume“ des Interstitiums in unterschiedlichen Organen und Geweben, wurde durch Experimente bestätigt.[12] Theise und manche seiner Kollegen versuchen seither das Interstitium nicht nur als Organ, sondern als das größte Organ, der Fachwelt nahezubringen. Ob aus fachlicher Überzeugung oder aus Prestigegründen sei dahingestellt.

Die neu erworbenen Erkenntnisse versucht man aktuell in etablierte oder vernachlässigte Teilbereiche der Biologie zu integrieren. Dies soll das Verständnis in der Physiologie (z.B. Flüssigkeitshaushalt) und Pathologie (z.B. wie genau nutzen Krebszellen diesen Raum) steigern. Eine der augenscheinlichsten Parallelen fand man im Fasziensystem.[13] Übrigens hat die *Haut* in der *Faszie* schon seit dem Jahr 2005 einen Konkurrenten in Bezug auf „das größte Organ“.[14,15]

Das Interstitium geht in die Faszien über - man kann es als den flüssigen Kern der Faszien betrachten. Die Faszienforschung hat viele von Pischingers Thesen zur Informationsleitung und Spannungsübertragung im Gewebe bestätigt.

---

[12] Theise, Neil D., u.a., Evidence for continuity of interstitial spaces across tissue and organ boundaries in humans, nature, 2021, https://www.nature.com/articles/s42003-021-01962-0 (11.04.2026)
„*Hier zeigen wir anhand zweier Ansätze die Kontinuität der Interstitialräume. Nicht-biologische Partikel … wurden in den Interstitialräumen von Dickdarm und Haut sowie in angrenzenden Faszien verfolgt. Auch Hyaluronsäure, ein makromolekularer Bestandteil der Interstitialräume, wurde visualisiert. Beide Techniken belegen die interstitielle Kontinuität innerhalb und zwischen Organen, einschließlich des Perineuriums und der Gefäßadventitia, die Organe durchziehen, sowie der Zwischenräume zwischen ihnen. Wir vermuten, dass ein körperweites Netzwerk flüssigkeitsgefüllter Interstitialräume existiert, das bedeutende Auswirkungen auf die molekulare Signalübertragung, den Zelltransport und die Ausbreitung maligner und infektiöser Erkrankungen hat.*“

[13] Ein Artikel in *Clinical Anatomy* aus dem Jahr 2023 zeigt auf, dass die Strukturen der klassischen Anatomie „Faszie“ oder „lockeres Bindegewebe“, starke Ähnlichkeiten mit dem 2018 beschriebenem Interstitium besitzen. Faszienforschung und Interstitiumsforschung beschrieben im Grunde zusammenhängende Netzwerke, aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Das Interstitium sei die funktionelle Architektur der Faszien:
Pirri, Carmelo, u.a., What's old is new again: The anatomical studies of Franklin P. Mall and the fascial-interstitial spaces, Clinical Anatomy, 2023, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ca.24019 (11.04.2026)

[14] Die *Faszien* stehen in sehr engem Zusammenhang mit dem Interstitium, müssen aber doch getrennt betrachtet werden. Die wissenschaftliche Grundlage liefert hier der Mediziner (Chirurg), wissenschaftliche Leiter eines Instituts und Mitglied der *Französischen Akademie für Chirurgie*, *Jean-Claude Guimberteau*. Er war einer der Ersten, der mit einer speziellen Mikrokamera das Gewebe unter der Haut bei lebenden Patienten während Operationen untersuchte. Er widerlegte die Idee, dass Gewebeschichten einfach aufeinander gleiten und beschreibt die Faszien nicht als getrennte Schichten, sondern als ein kontinuierliches Netzwerk. Er nutzt beschreibende Konzepte wie „Architektur des lebenden Gewebes“ oder „globales Netzwerk“. Dieses „größte zusammenhängende Netz“, welches den gesamten Körper mechanisch und biologisch zusammenhält, sei nicht nur *flächenmäßig* viel gewaltiger als die Haut, sondern auch funktionell bedeutender. Es besitze mehr Rezeptoren als die Haut, sei ein organisiertes System, welches mitunter Schocks absorbiert und Kräfte verteilt. In seinen Beschreibungen scheint die Grenze zwischen Faszie und Interstitium manchmal fließend zu sein. Sein Augenmerk gilt ihm als Handchirurg jedoch eindeutig der Mechanik.
Z.B. Guimberteau und Armstrong, Architecture of Human Living Fascia: The Extracellular Matrix and Cells Revealed Through Endoscopy, Handspring Publishing, 2024

[15] Der Humanbiologe *Robert Schleip* machte diese Ideen weltweit und vor allem interdisziplinär bekannt. Er geht über reine mechanische Funktionen hinaus und beschreibt das Fasziennetzwerk als das größte Sinnesorgan, welches permanent Informationen über Schmerz, Bewegung und Lage an das Gehirn sendet. Darüberhinaus wies er nach, dass sich Faszien aktiv zusammenziehen können.
Z.B. Schleip, Robert, u.a., Lehrbuch Faszien, Grundlagen - Forschung - Behandlung, Urban & Fischer, 2020[2]

2. 3 Organ und Funktion

Welche Funktionen erfüllt das Interstitium? Noch bis 2018 war die gängige Meinung in der allgemeinen Medizin, dass seine Funktion lediglich eine passive sei: Stützen, Lagern, Verteilerfunktion für Signale und Raum für die erste Immunantwort. Durch die Erkenntnisse ab 2018 wurde ihm eine Stoßdämpfer- und eine Flüssigkeitsverteilungs-Funktion[16], die nicht mehr als ziellos angesehen wird, zugestanden. Nach der aktuellen Definition, die vor allem die Funktionalität hervorhebt, ob aktiv oder passiv, ist es berechtigt hierin ein Organ zu sehen.

Und das sind „nur" die Funktionen, die zurzeit allgemein bekannt/ anerkannt sind. Ginge es nach Pischinger, Heine, Wendt und anderen Forschern, wäre diese Liste noch länger. Hervorzuheben wäre hier vor allem, dass Pischinger von aktivem Stoffwechsel im Interstitium sprach, wonach dieser die Fähigkeit besitze, z.B. Proteine umzubauen und zu speichern. Auf jeden Fall nähert sich die moderne Forschung mit großen Schritten den Thesen, welche Pischinger und Wendt schon in den 1950er bis 1970er Jahren aufstellten.[17]

Zusammengenommen ergeben Pischinger, Wendt und Theise ein Bild von einem Organ, das schützt (Mechanik), versorgt (Logistik), verarbeitet und speichert (Metabolismus) und steuert (Kybernetik).

Doch was nützt eine theoretische Auflistung ohne praktischen Bezug? Trotz unterschiedlicher Meinungen und Herangehensweisen, was das Gesamtbild angeht, verfolgen die medizinischen Forscher letztendlich im Großen und Ganzen doch ein Ziel: Ein besseres Verständnis der Pathogenese. Und in zwei Dingen sind sich alle einig:

1. Dass das Interstitium ein wichtiges Regelwerk für die Kommunikation ist.
2. Dass das Interstitium eine entscheidende Rolle für die Entstehung und Ausbreitung von Entzündungen und Krebs hat.[18]

Eines der Hauptziele dieser Artikelreihe, ist es aufzuzeigen, dass diese zwei Punkte in höchstem Maße zusammenhängen. Dass Krebs ein außerordentlich komplexes und vielschichtig kommunikatives Regelwerk ist, haben wir schon im ersten Teil festgestellt. In diesem Teil soll es im Weiteren darum gehen, *wie* die Informationsübertragung bei Krebs vonstattengeht.

---

[16] Man geht davon aus, dass ohne die koordinierte Druckregulation und den Flüssigkeitstransport des Interstitiums, das Herz-Kreislauf-System kollabieren würde (Ödeme, Schock).

[17] Beispiel Eiweißspeicher: Moderne Erkenntnisse über die Glykierung (Verzuckerung) von Proteinen im Bindegewebe und die Bedeutung der Proteostase (Gleichgewicht der Proteine im Körper) bestätigen ihre Beobachtungen und geben ihnen eine moderne biochemische Grundlage.
Z.B. Karamanos, Nikos, Extracellular Matrix: Pathobiology and Signaling, De Gruyter, 2012

[18] Den onkologischen Aspekt haben die oben genannten Facharbeiten um Theise herum, sowohl 2018 als auch 2021 sogleich betont. Die weitere onkologisch relevante Erforschung des Interstitiums läuft zurzeit auf Hochtouren.

2. 4 Fazit zum Thema größtes Organ

Medizin ist zwar einerseits ein Teilbereich der Biologie, gleichzeitig aber auch eine eigene, sehr praktisch orientierte Wissenschaft. Darüberhinaus ist sie recht hierarchisch organisiert und ziemlich konservativ. Die Denk- und Sichtweise des Menschen wird von den Milieus, in denen er aufwächst geprägt. So auch die des Mediziners. Diagnostik und vor allem Therapie sind greifbarer, wenn man die zu behandelnden Organe, aber auch Krankheiten, in seinem Denkmuster, als eine Art *Objekte* betrachtet. Dynamische Systeme oder Konzepte sind viel schwieriger zu erfassen und zu therapieren. Biologische Systeme muss man anatomisch und physiologisch studieren. Bei der Medizin herrscht eine gewisse Übergewichtung Richtung Anatomie. Da die neuesten Erkenntnisse in vielen Wissenschaftszweigen unsere Welt als viel komplexer und dynamischer beschreiben, als die Menschheit es über Jahrhunderte wissenschaftlicher Bemühungen, auch nur erahnen konnte, muss man vielleicht noch lernen, damit umzugehen.

Vor diesem Hintergrund betrachtet, ist es verständlich, wenn man die Haut immer noch als das größte Organ des menschlichen Körpers ansieht. Sie ist anatomisch einfach eingrenzbar und messbar. Oder wenn man das Zwischenzellgewebe als anatomisches System (funktionelles, zusammenhängendes Kanalsystem) interpretiert und nicht zu den eigenständigen Organen zählt.

Medizin ist nicht starr und nicht einheitlich. Es existieren Denkschulen, so wie in anderen Wissenschaften auch. Die größte, also dominante, Denkschule bezeichnet man als „allgemein anerkannte Medizin“. Ihre Denkweise ist immer noch stark von *Virchow* geprägt. Sie fokussiert sich stark auf lokale einheitliche Zellverbände, wie einzelne Organe, Gewebe oder Strukturen.

Manche alternative oder ergänzende Denkschulen erforschen mehr das, was *zwischen* den Zellen oder Organen passiert. Sie sind an den verbindenden Faktoren und dem Milieu interessiert. Sie betonen die Gemeinschaft, die Systeme, die funktionellen Einheiten und reden von übergeordneter Regulation.

Was soll uns das Beispiel mit der Diskussion über das größte Organ zeigen?

- Wir sollten uns fragen, wie gut wir unseren Körper wirklich kennen.
- Wir sollten uns eingestehen, dass wir uns schon bei „einfachen“ Fragen irren können.
- Wir sollten erkennen, dass manche wichtige Erkenntnisse schon lange vorliegen könnten, der Allgemeinheit jedoch nicht bekannt sind.
- Das Interstitium, als alles durchziehende Funktions-Geflecht sollte vorgestellt werden, weil es für die Steuerung des Körpers und für die Entstehung von Krebs relevant sein wird.
- Das Interstitium sollte als Bindeglied zwischen Zell- und Systemebene vorgestellt werden.
- Es soll uns das Konzept etwas näher bringen, dass der Organismus noch mehr dynamisch ineinander verflochten ist, als allgemein angenommen wird.

Was würden Sie *für sich persönlich*, in Anbetracht der neuen Informationen, nun sagen, was das größte Organ des Menschen ist? Die Haut? Das Zwischenzellgewebe? Die Faszie? Oder vielleicht ein ganz anderes Organ? Falls die Antwort nicht mehr „die Haut“ sein sollte: Würden Sie in einer Prüfung im Fach Biologie trotzdem die Haut angeben, um Punktabzüge zu vermeiden?

2. 5 Das Bindeglied

« Was war denn das erste Organ? »
« Oh nein, nicht schon wieder so eine Frage! »

Das ist eine etwas komische Frage, ich weiß. Anders ausgedrückt: Welches Organ bildet sich, nach der Befruchtung der Eizelle, zuerst? Wenn das Interstitium tatsächlich ein Organ ist, ist es nicht schon auf irgendeine Art nach der ersten Zellteilung vorhanden? Oder zumindest nach der ersten Phase der Zelldifferenzierungen, noch bevor irgendein anderes Organ entsteht? Rein sprachlich eigentlich schon. Denn übersetzt, heißt es einfach „Zwischenraum“. Zwischen wem oder was? Zwischen den ersten beiden Zellen? Oder erst ab 1.000 Zellen? 1.000.000? Klingt schon fast philosophisch.

Wie dem auch sei, das Interstitium ist ein entscheidendes verbindendes System zwischen den Zellen, zwischen den Organen, sogar vom Scheitel bis zur Sohle. Es ist nicht das einzige verbindende System. Als übergeordnete Systeme wären da noch das neurologische, das hormonelle, das vaskuläre, das metabolische, das sinnliche, das mikrobiotische, das lymphatische[19], das Bindegewebs-, das Immun- und das Mechanotransduktions-System[20]. Es ist jedoch das wichtigste, das übergeordnete verbindende System, weil es alle anderen Systeme durchdringt und ihnen teilweise erst überhaupt den Raum und/ oder die Struktur zum Wirken bereitstellt. Ob man es als eine Art Metasystem bezeichnen könnte? Oder ist es vielleicht ein Bestandteil eines für uns noch undefinierten oder gar unbekannten Metasystems?

Da kommt einem die Frage auf, ob die Bezeichnung als „größtes Organ“ für das Interstitium nicht schon fast zu „klein“ ist. Ob überhaupt das Konzept „Organ“ auf das Interstitium zutrefflich ist? Lassen wir die Philosophie und beschäftigen uns wieder mit dem, was wir schon wissen. Kehren wir zurück zum Hauptthema: Steuerung und Informatik.

[19] Mit einem Untersystem: Das glymphatische Reinigungssystem im Gehirn

[20] Kommunikation durch mechanische Reize

3. Steuerung des Organismus

3. 1 Grobe Übersicht

Wie werden wir gesteuert? Man ahnt es schon, auf den ersten Blick eine eher einfache Frage, doch hinter dem Schleier verbirgt sich ein ganzer Kosmos.
Also, manchmal steuern wir uns selbst. Sonst gibt es da noch vielzählige von teilbewussten und unbewussten (Fremd)-Steuerungen:[21]

Die Psychologie soll nur als bestätigendes Beispiel dienen, dass die menschliche Steuerung allgemein sehr komplex und vielschichtig abläuft. Wie wird denn unser Organismus organisch gesteuert, bzw. welche Arten von Steuerungen finden im Körper Verwendung?

- Humoral-hämodynamisch (biochemisch, mechanisch, thermodynamisch, osmotisch, elektrisch, thermisch, elektromagnetisch: Ladung, Feld, Schwingung, Resonanz)
- Neurologisch (elektrisch, biochemisch, mechanisch, elektromagnetisch: Feld, evtl.: Licht)
- Hormonell (biochemisch, diffusionsmechanisch, thermisch, elektromagnetisch: Ladung, evtl.: Schwingung und Resonanz)
- Immunologisch (biochemisch, mechanisch, elektrisch, thermisch, elektromagnetisch: Ladung, evtl.: Feld, Schwingung, Licht)
- Sinnlich (mechanisch, thermisch, chemisch, akustisch, gravitativ, osmotisch, elektromagnetisch: Licht, Feld, Ladung)
- Metabolisch (biochemisch, mechanisch, thermisch, elektrisch: Potenzial und Gradient, elektromagnetisch: Ladung, evtl.: Schwingung, Licht)
- Mechanotransduktiv (mechanisch, thermodynamisch, biochemisch, elektrisch, elektromagnetisch, evtl. magnetisch)
- Chronobiologisch (biochemisch, elektromagnetisch: Licht, Schwingung)
- Molekularbiologisch (mechanisch, biochemisch, elektromagnetisch, thermodynamisch, ???)
    - Regulatorische Proteine; Genetik; Epigenetik
- Mikrobiotisch (chemisch, biochemisch, elektrisch, immunologisch, ???)

Die dargestellte Liste der organischen Steuerung des Menschen ist eine vereinfachte Zusammenfassung des derzeitig offiziell bekannten Erkenntnisstandes, ergänzt durch die aktuelle kaum bekannte Forschung. Aufgelistet sind die übergeordneten großen Steuerungssysteme. Die Kräfte, durch die sie wirken, werden teilweise vereinfacht dargestellt (z.B. Licht) oder zusammengefasst (z.B. mechanisch, thermodynamisch). Einige Male wird aber auch eine Unterteilung eigentlich verwandter Kräfte vorgenommen, um etwas zu betonen (z.B. elektromagnetisch und elektrisch). Die Fragezeichen sollen anzeigen, dass man sich manche Mechanismen überhaupt nicht erklären kann.

---

[21]
- Automatismus (z.B. Pedaldrücken beim Autofahren)
- Emotionale Steuerung (z.B. Rache)
- Neurochemische Steuerung (z.B. Appetit, Heißhunger)
- Sinnlich-Neurochemische Steuerung (z.B. sexuelles Verlangen)
- Psychosomatische Steuerung (z.B. Gesichtsrötung, Kniezittern, Placebo)
- Reflex (neurologisch oder psychologisch)
- Sozio-neuro-psychologische Steuerung (z.B. ansteckendes Gähnen)
- Sozio-psychologische Steuerung (Entscheidungen im oder als Kollektiv)
- Neuropsychopharmakologische Steuerung (z.B. psychedelische Drogen)
- Neuroadaptive Steuerung (z.B. Sucht)
- u.a., z.B. Ekstase, Verzückung, Hypnose, Nötigung, Manipulation

Dass die Steuerung des menschlichen Organismus hochgradig komplex und vielschichtig ist, ist schon lange kein Geheimnis mehr. Doch das Ausmaß der Komplexität könnte man als chronisches Geheimnis bezeichnen. Die moderne Wissenschaft der Biologie ist fast 250 Jahre alt. Trotz stetiger Erkenntnisse entwickelte sich die biologische Steuerung zu einem Fass ohne Boden. Nach jeder Offenbarung folgte einige Zeit später immer wieder ein neuer Schleier.

Keine Sorge, wir werden diese Liste jetzt nicht durchackern. Vieles davon ist Allgemeinwissen und für die vorliegende Betrachtung nicht weiter relevant. Sie soll zunächst etwas verdeutlichen:

- Die Steuerung des Organismus ist viel komplizierter als allgemein bekannt ist.
- Es kommen Faktoren vor, die kürzlich erst entdeckt wurden.
- Die Forschung ist nicht abgeschlossen, wir müssen mit weiteren Erkenntnissen rechnen.

Wir werden uns im Folgenden mit einer Auswahl der Steuerungen und Mechanismen auf Zellebene beschäftigen, die kaum bekannt sind oder kürzlich erst entdeckt wurden. Doch vorher werfen wir noch einen Blick auf die vermeintlich bekannte Genetik.

3. 2 Genetik

Die Entdeckung und „Entschlüsselung“ (2003: 92%; 2022: 100%) des (menschlichen) Genoms ist einer der wichtigsten Meilensteine der modernen Biologie. Ohne Frage ist es eine Meisterleistung des Menschen. Bei dieser Erkenntnis haben wir es immerhin mit der Information des Bauplans des organischen Lebens zu tun. Man kann sie im gewissen Sinne lesen und bedingt manipulieren oder verändern. Nichtsdestotrotz bleibt es Treiben auf der Oberfläche. Man kann viele „Wörter“ und „Sätze“ zwar erkennen, die „Grammatik“, die „Leseregeln" und der „Kontext“ bleiben allerdings weiterhin größtenteils ein Rätsel. Dabei handelt es sich nur um die Spitze des Eisbergs, denn bei den spannendsten, den grundlegenden Fragen, tappen wir in kompletter Finsternis. Neben weiteren Rätseln handelt es sich vor allem bei der Steuerung um ein Mysterium. Zum Beispiel: Was und (wie) …

- fügt DNA-Abschnitte, die Millionen Basenpaare weit auseinanderliegen, sekundenschnell und präzise zusammen, um Gene ein- oder auszuschalten (Fernwirkung in 3D-Organisation)?
- sagt der Zelle, dass sie sich teilen soll?
- sagt der Zelle, wie und wo sie sich im Raum befindet?
- steuert die Zelldifferenzierung, sodass die eine weiß, dass sie ein Teil vom Auge ist und die andere, dass sie ein Teil vom Fuß ist?
- steuert die unfassbare Arbeit der Reparatur, Korrektur und Entknotung?
    - Entknotung bedeutet: Die menschliche DNA ist zusammengenommen ungefähr zwei Meter lang und sitzt in einem Raum von 5 bis 16 µm Durchmesser (Zellkern). Trotz dieser extrem dichten Verpackung, ist sie durch das Ablesen und die Vervielfältigung ständig in Bewegung. Dabei entstehen Verknotungen und Spannungen. Spezielle Werkzeuge verhindern, dass das Erbgut unter diesen physikalischen Spannungen reißt. Hierfür zerschneiden sie die DNA-Stränge, fädeln die Knoten auseinander und versiegeln die Schnittstellen gleich wieder fehlerfrei - und das millionenfach pro Sekunde, in jedem einzelnen Zellkern. Ohne diese Hochgeschwindigkeits-Arbeit würde die DNA innerhalb von Sekunden fest zu einem starren unbrauchbaren Flummi verknoten.

Bei den folgenden Mechanismen kann man fast schon von Wundern reden:

- Der Aufbau und die Funktionen um das Genom trotzen dem mächtigsten Naturgesetz - dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (Entropie) - scheinbar mit Leichtigkeit.
- Gene codieren Aminosäureketten, welche sich nachträglich zu funktionsfähigen Proteinen falten. Erst die richtige Faltung gibt dem Protein seine funktionelle Form. Ein mittelgroßes Protein hat etwa 10^{300} theoretisch mögliche Faltungsformen. (Die geschätzte Anzahl der Atome im Universum ist 10^{80}.) Wenn ein Protein jede Sekunde zufällig (Trial and Error) eine Billion (10^{12}) dieser Formen ausprobieren würde, bräuchte es 10^{280} Jahre, um die richtige zu finden. Die Zelle braucht für eine komplette Proteinfaltung jedoch meistens nur Millisekunden bis Sekunden (manchmal Minuten bis Stunden). Man schätzt, dass ein menschlicher Körper ca. 300 Trillionen ($3x10^{20}$) dieser Proteine pro Stunde herstellt. Das ist mehr, als die Anzahl aller Sandkörner auf der Erde. Darüberhinaus gibt es schätzungsweise 80.000 bis 400.000 unterschiedliche Proteine, die menschliche Zellen herstellen. Die Proteine scheinen in eine Art vorgefertigte „unsichtbare“ dreidimensionale Muster hineinzufallen, die größtenteils durch unbekannte Kräfte geformt werden. Die Mechanismen werden ansatzweise erforscht.[22,23]

Ja, die Gene sind sehr wichtig, aber „nur“ genauso wichtig wie ein Bauplan. Eingangs wurden die Gene als reine Information bezeichnet, die ohne Steuerung keinen Wert besitzen. Wer ist dann der Steuermann der Information - und für die praktische Erforschung noch wichtiger: Wo ist sein Sitz? Wir haben das Kind: den Organismus. Wir haben die Mutter: das Genom. Doch wer ist der Vater? Nach der schieren Unwahrscheinlichkeit der Abläufe im und am Genom, müsste die übergeordnete Metasteuerung, welche alle Mechanismen der Biosynthese überwacht, wegen ihrer unbegreiflichen Komplexität, selbst über einen riesigen Datenspeicher verfügen, welcher seine steuernde „Intelligenz“ beherbergt. Über die Lokalisation des übergeordneten Betriebssystems herrscht keine Einigkeit - wie denn auch, es ist das größte Rätsel der Biologie. Die Tendenz bewegt sich in der Fachwelt schon seit Jahrzehnten immer weiter weg von der Annahme, dass das Genom Datenbank und Betriebssystem in einem sein kann. In der öffentlichen Meinung ist diese Vorstellung allerdings noch fest verankert. Die Populärwissenschaft verteilt die „Steuerung des Lebens“ zwar teilweise auch auf andere Bereiche der Zelle, sieht den Zellkern jedoch eindeutig als die „Kommandozentrale“.

Die größte Opposition dieser Annahme und des Gen-Zentrismus allgemein, stellen die Systembiologen. Einer der bekanntesten Vertreter, *Denis Noble*, geht sogar so weit zu sagen, dass das Genom nicht einmal Bauplan noch Anleitung sein könne, sondern nur ein Werkzeug des gesamten Systems darstelle. Er argumentiert: Die DNA ist chemisch gesehen eines der passivsten Moleküle in der Zelle. Ein Molekül, das von sich aus nichts tun kann, könne keine Steuerung sein. Die DNA tue nichts aktiv, bis sie von Proteinen gelesen wird. Die Proteine werden wiederum durch Signale aus der Zelle oder der Umwelt aktiviert. Die Entscheidungsgewalt liege also im gesamten Regelkreis und das Genom diene lediglich als „Nur-Lese-Datenbank“.

---

[22] Dill und Chan, From Levinthal to pathways to funnels, Nature Structural & Molecular Biology, 1997, https://www.researchgate.net/publication/14219476_From_Levinthal_to_pathways_to_funnels_J (17.04.2026)

[23] Abramson, Jumper, Hassabis, u.a., Accurate structure prediction of biomolecular interactions with AlphaFold 3, nature, 2024, https://www.nature.com/articles/s41586-024-07487-w (17.04.2026)

Darüberhinaus könne sich die DNA-Sequenz unmöglich selbst überwachen und reparieren. Er sieht in dem Gedanken, die DNA sei das Steuerungszentrum des Lebens, also auch ein Kausalitätsproblem. Denn das System des Lebens, so *Noble*, sei zirkulär und nicht linear. In diesem Zusammenhang hat sein Ausspruch „*Causation flows both upward and downward*“ Berühmtheit erlangt.

Er vergleicht das Genom mit einer Orgel: Der kleine Teil (1- 2%) der Gene, die überhaupt Proteine codieren, sieht er als die Pfeifen einer Orgel. Der restliche Teil (≈ 98%) wären die Mechanik und die Luftzufuhr. Die Musik, also das Leben, sei weder in den Pfeifen noch in der Luft gespeichert, sondern entstehe erst durch das Spielen des gesamten lebendigen Systems in Interaktion mit der Umwelt. „*Lebende Organismen sind weder ihre Gene, noch werden sie durch ihre Gene bestimmt oder lassen sich auf diese reduzieren. Stattdessen sind Gene Werkzeuge, die der Organismus aktiv anpasst, um die vom Organismus selbst gewählten Ziele zu erreichen.*“[24,25,26]

Neben der nicht lokalisierbaren und kaum zu durchschauenden raffinierten Metasteuerung an sich, haben wir einen untergeordneten Aspekt - auf den sich die Systembiologen hauptsächlich berufen - der eindeutig unterstreicht, dass die Rolle der Gene für sich allein genommen, von Vielen lange Zeit überschätzt wurde und häufig noch wird - die Epigenetik.

---

[24] Noble, Denis u. Noble, Raymond, Understanding Living Systems, Cambridge University Press & Assessment, 2023, „*Die Sichtweise, lebende Systeme als Maschinen zu betrachten, basiert auf der Vorstellung einer festgelegten Abfolge von Ursache und Wirkung: vom Genotyp zum Phänotyp, von den Genen zu den Proteinen und schließlich zu den Lebensfunktionen. Diese Vorstellung wurde zum Zentralen Dogma: Der Genotyp bestimmt den Phänotyp in einer einseitigen kausalen Beziehung, wodurch wir zu Gefangenen unserer Gene werden. Wie hat sich dieses Dogma etabliert? Eine der großen Errungenschaften der Wissenschaft des 20. Jahrhunderts war die Entdeckung der Struktur des genetischen Materials, der DNA. Sie läutete eine neue Ära des biologischen Verständnisses ein, schuf aber auch eine genzentrierte Sichtweise, in der das Gen als „Code“ oder „Bauplan“ für das Leben angesehen wurde. Durch die Entschlüsselung des „Codes“ könnten wir die ultimative oder „primäre“ Ursache des Lebens und seiner Funktionen finden. Dies führte zu dem neuen Forschungsgebiet der Genomik, das danach strebt, bestimmte Gene oder Gruppen von Genen mit bestimmten Funktionen in Verbindung zu bringen. Doch wenn sich alle Funktionen auf Gene reduzieren ließen, würde dies ein Problem aufwerfen: Wo liegt die Handlungsfähigkeit von Organismen? Könnte auch diese auf Gene reduziert werden? Werden wir von Genen gesteuert? Die Antwort der zentralen Vertreter der sogenannten Modernen Synthese lautete: Ja – sie gingen sogar so weit zu argumentieren, dass unsere Handlungsfreiheit (freier Wille) und unsere Handlungsfähigkeit eine Illusion seien. Dieses Dogma ist eine verzerrte Sichtweise, da es Gene als Replikatoren vom Organismus als Träger trennt. Gene werden sowohl als treibende Kraft als auch als Ziel von Organismen angesehen. Doch obwohl Gene für die Bildung von Proteinen unerlässlich sind – eine Fähigkeit, die über Generationen hinweg weitergegeben werden muss –, sind sie Teil eines Regulationssystems und nicht dessen Lenker. Der Lenker ist der sich selbst regulierende Organismus. Der Organismus wartet nicht auf Befehle, die von Genen erteilt werden. So wie Noten auf vielfältige Weise zu Kompositionen angeordnet werden können, nutzen Organismen ihr genetisches Erbe und setzen eine Vielzahl möglicher Ergebnisse um. Darüber hinaus können Organismen ihre Gene verändern, wenn ihr Erbe nicht ausreicht, um mit Umweltbelastungen fertig zu werden. Somit können Organismen ihr genetisches Erbe verändern. Was ist ein Gen? Es gibt zwei zentrale Missverständnisse über Gene, die sich darauf beziehen, (1) was sie sind und (2) was sie tun. Wenn wir heute im allgemeinen Sprachgebrauch von Genen sprechen, neigen wir dazu, an DNA, Codes, ein Buch des Lebens oder einen Bauplan zu denken. Aber verstehen wir wirklich, was wir mit Genen meinen? Wir sprechen von Genen, als wüssten wir, was sie sind.*“ S. 10f

[25] Noble, Denis, It’s time to admit that genes are not the blueprint for life, nature, 2024, https://www.nature.com/articles/d41586-024-00327-x (19.04.2026)

[26] Noble, Denis, The Music of Life, Biology Beyond Genes, Oxford University Press, 2008

3. 3 Epigenetik

Früher dachte man allgemein (was Viele immer noch denken), dass die Gene eine Art Schicksalsplan wären, der fest im Zellkern eingeschlossen sei und dass ein komplettes Programm abläuft, an dem nicht mehr zu rütteln sei.

Es gab aber auch schon recht früh wissenschaftliche Ansätze, die eine gewisse Abhängigkeit des Genoms von der Außenwelt postulierten. Das Genom sei nicht starr und nur über lange generationsübergreifende Zeiträume langsam veränderbar, sondern besäße eine gewisse kurzfristige Flexibilität. Der Beweis hierfür wurde schon 1961, acht Jahre nach der Aufklärung der DNA-Struktur, erbracht. Am Beispiel von Bakterien wurde gezeigt, dass die Anwesenheit von Laktose von außen dazu führte, dass die Bakterienzelle die entsprechenden Gene für den Abbau überhaupt erst „anschaltet". Wenn keine Laktose in der Umgebung ist, bleibt das Gen für den Abbau stumm. Es wird von einem *Repressor* blockiert, der wie ein Riegel auf der DNA sitzt und das Ablesen verhindert. Bei Kontakt zu Laktose fällt dieser Riegel ab und das entsprechende Gen zur Laktose-Verdauung wird gelesen.[27] Hiermit wurde bewiesen, dass das Genom kein starrer Code ist, sondern zumindest teilweise ein reaktives System, das permanent auf seine Umwelt reagiert.

Der nächste Meilenstein der Epigenetik wurde 1975 gelegt. Man versuchte die Frage zu beantworten, wie sich eine Zelle nach der Teilung erinnert, was sie ist, bzw. zu welchem Organ sie gehört. Da alle Zellen dieselben Gene haben, muss eine ergänzende Information vorliegen, welche an die Gene befestigt wird. Es wurde ein theoretisches Modell aufgestellt, welches erst fast 30 Jahre später komplett bewiesen werden konnte. Die Theorie besagte, dass gewisse chemische Schalter an bestimmte Stellen der DNA geheftet werden, die wie Stoppschilder verhindern, dass ein Gen gelesen wird. Diese ergänzende Information wird mechanisch an die Tochterzellen weitergereicht, ohne dass der DNA-Code selbst verändert wird.[28,29]

Die DNA-Fäden sind um eine Art Spule gewickelt. Die Spule besteht aus Proteinen, den *Histonen*, und dient der Verpackung und Organisation der Gene. Bis in die 1990er Jahre sah man in ihnen nur diese passiven Funktionen. 1996 wurde jedoch erkannt, dass sie eine hochgradig wichtige aktive Steuerfunktion besitzen. Sie sind das nächstliegende Steuerglied, welches die DNA lockern oder fest verpacken können. Durch die Lockerung werden sie zugänglich für Enzyme und können überhaupt gelesen werden. Das feste Verpacken dient dem Gegenteil: Es kommen keine Enzyme heran und das entsprechende Gen wird stummgeschaltet. Die Histone werden wiederum von

---

[27] Jacob u. Monod, Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins, Journal of Molecular Biology, 1961, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022283661800727?via%3Dihub (18.04.2026)

[28] Riggs, A.D., X inactivation, differentiation, and DNA methylation, Cytogenet Cell Genet., 1975, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1093816/ (18.04.2026)

[29] Holliday u. Pugh, DNA Modification Mechanisms and Gene Activity During Development: Developmental clocks may depend on the enzymic modification of specific bases in repeated DNA sequences, Science, 1975, https://www.science.org/doi/10.1126/science.187.4173.226 (18.04.2026)

anderen bestimmten Enzymen gezielt verändert, um ihre Aktivität zu steuern. Es wurde also ein weiterer epigenetischer hochgradig regulierter Prozess entschlüsselt.[30]

Fünf Jahre später kam der ultimative Durchbruch in der Epigenetik. Ein Artikel aus dem Jahr 2001 brachte nicht einfach nur neue Erkenntnisse, sondern sprach von einem *Code* neben dem Genom. Die Autoren bezogen sich auf die aktuelle Histonforschung und zeigten auf, dass sich ihre Bedeutung in den letzten fünf Jahren nochmal deutlich erhöht hätte: Durch die vielen verschiedenen Markierungen der Histone, die sich gegenseitig verstärken oder aufheben können, entstehe ein komplexes Muster - der „*Histon-Code*“. Dieser *Code* sei wie eine zweite Informationsebene über den Genen in dem ein grundlegender epigenetischer Regulationsmechanismus gesehen wird. Dieser steuere (mit), wie sich Zellen differenzieren und spiele eine Hauptrolle bei der Entstehung von Krankheiten.[31]

Seitdem hat sich das Verständnis der Biologie grundlegend verändert. Es war der K.o. für den *Gen-Determinismus*. Vorher war die Meinung noch stark vertreten, dass man krank würde, wenn man ein bestimmtes Gen für die jeweilige Krankheit hat. Danach verstand man: Das Gen ist nur ein Buch, und ob es aufgeschlagen wird, hängt von vielen Faktoren ab. Seitdem ist die Epigenetik - die identifizierte dynamische Schnittstelle zwischen Genen und Umwelt - eines der größten Forschungsbereiche der Biologie. Es ist nur verständlich, dass man nun erfahren möchte, wie man diese „Bücher“ durch äußere Faktoren wie Umweltbedingungen, Lebensweise oder Medikamente öffnen und schließen kann.[32,33]

Der Beweis für die 1975 aufgestellten Thesen wurde nun erbracht. Der *Histon-Code* erklärt, warum Zellen mit der gleichen DNA völlig unterschiedliche Funktionen haben können. Die Möglichkeiten in der Stammzellforschung bekamen massiven Aufwind. Man fing an zu experimentieren, wie man Zellen umprogrammieren kann, indem man nicht aufwendig versucht die Gene zu tauschen, sondern „nur“ die Verpackung (epigenetische Markierung) verändert. Der nächste große Schritt gelang *Yamanaka,* der im Jahr 2006 mit nur vier Transkriptionsfaktoren ausgereifte Körperzellen in einen pluripotenten Zustand reprogrammieren konnte, ohne ein

---

[30] Brownell, Allis, u.a., Tetrahymena Histone Acetyltransferase A: A Homolog to Yeast Gcn5p Linking Histone Acetylation to Gene Activation, Cell, 1996, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867400810636 (18.04.2026)

[31] Jenuwein u. Allis, Translating the histone code, Science, 2001, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11498575/ „*Chromatin, die physiologische Vorlage aller eukaryotischen genetischen Informationen, unterliegt einer Vielzahl von posttranslationalen Modifikationen, die sich größtenteils auf die Aminoterminalen der Histone auswirken und dadurch den Zugang zur darunterliegenden DNA regulieren. Unterschiedliche Modifikationen der Histon-Aminoterminalen können synergistische oder antagonistische Bindungsaffinitäten für Chromatin-assoziierte Proteine erzeugen, was wiederum dynamische Übergänge zwischen transkriptionell aktiven und transkriptionell inaktiven Chromatinzuständen bestimmt. Die kombinatorische Natur der Modifikationen an den Aminotermini der Histone offenbart somit einen „Histon-Code“, der das Informationspotenzial des genetischen Codes erheblich erweitert. Wir schlagen vor, dass dieses epigenetische Markierungssystem einen grundlegenden Regulationsmechanismus darstellt, der einen Einfluss auf die meisten, wenn nicht sogar alle Chromatin-gesteuerten Prozesse hat, mit weitreichenden Konsequenzen für Entscheidungen über das Zellschicksal sowie für die normale und pathologische Entwicklung.*“ (18.04.2026)

[32] Z.B. Feinberg, Andrew P., Phenotypic plasticity and the epigenetics of human disease, nature, 2007, https://www.nature.com/articles/nature05919 (18.04.2026)

[33] Waterland u. Jirtle, Transposable Elements: Targets for Early Nutritional Effects on Epigenetic Gene Regulation, 2003, Mol Cell Biol., https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC165709/ (18.04.2026)

einziges Gen zu tauschen - zumindest im Labor.[34] Er zeigte, dass die epigenetische Forschung keine bloße Theorie darstellt, sondern mit recht „einfachen“ Mitteln praktisch umzusetzen ist, wenn man die nötigen Stellglieder findet und zu bedienen weiß. Seit 20 Jahren geht es also nicht mehr nur um das Verstehen der epigenetischen Steuerung, sondern um ihre Vermessung und gezielte Manipulation.

Was die Entstehung von Krankheiten angeht, hat sich die letzten 15 bis 20 Jahre ein Konsens in der Forschung entwickelt, dass bei den Zivilisationskrankheiten[35,36] und dem beschleunigten Alterungsprozess[37], das Epigenom eine wichtigere Rolle spiele als das Genom. Darüber hinaus erweckt es auch Hoffnung, denn es ist nicht starr und schon gar nicht determiniert, sondern im gewissen Grade positiv umkehrbar, wenn die entsprechenden externen Reize und Vorgaben vorliegen.[38] Es ist unter anderem der Schlüssel, wie viel wir von unserem genetischen Potenzial tatsächlich nutzen oder verspielen. Während wir unsere Vorfahren nicht wählen konnten, können wir dafür unsere „Bibliothek“ selbstbestimmt pflegen.

Doch das Thema ist ja zunächst nicht Krankheitsentstehung oder Heilung, sondern: wie der Organismus durch grundlegende Mechanismen auf Zellebene gesteuert wird. Wir werden uns als nächstes vorrangig auf die Verbindung zwischen den einzelnen übergeordneten Steuermechanismen und der Epigenetik konzentrieren. Die Basis wurde gelegt und besteht aus zwei Säulen:

- Die Funktion der einzelnen Zelle ist nicht durch starre Vorgaben des Genoms betoniert.
- Die Zellen können in ihren elementaren Eigenschaften auch von außen beeinflusst und gesteuert werden.

3. 3. 1 Exosomen

Spannend und bis heute hochaktuell und heiß diskutiert sind *Exosomen*. Sie wurden in den 1980er Jahren entdeckt und werden als eine Untergruppe den *extrazellulären Vesikeln* zugeteilt. Ihre Funktion wird seit den 2000er Jahren erforscht. Sie dienen der interzellulären Kommunikation, indem sie funktionelle Proteine, Lipide und genetisches Material (mRNA, miRNA) transportieren. Die Hauptwirkung besteht darin, der Empfängerzelle temporär neue Informationen zur Verfügung zu stellen, wodurch sich diese durch epigenetische Regulation reprogrammiert. Das bedeutet, das diese Art der Kommunikation zur Änderung der Genexpression führt, indem Gene an- oder

---

[34] Takahashi u. Yamanaka, Induction of Pluripotent Stem Cells from Mouse Embryonic and Adult Fibroblast Cultures by Defined Factors, Cell, 2006, https://www.cell.com/fulltext/S0092-8674(06)00976-7 (18.04.2026)

[35] Handy, Diane E., u.a., Epigenetic modifications: basic mechanisms and role in cardiovascular disease, Circulation, 2011, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21576679/ (18.04.2026)

[36] Ling und Rönn, Epigenetics in Human Obesity and Type 2 Diabetes, Cell, 2019, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6509280/ (18.04.2026)

[37] Yang, Jae-Hyun, u.a., Loss of epigenetic information as a cause of mammalian aging, Cell, 2023, https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(22)01570-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867422015707%3Fshowall%3Dtrue (18.04.2026)

[38] Ling und Rönn, ebd.

ausgeschaltet werden, ohne die DNA selbst zu verändern. Zu den Prozessen, welche durch Exosomen beeinflusst werden, gehören z.B. Gewebereparatur, Entzündungssteuerung und Zellalterung (sie können Zielzellen verjüngen oder den Alterungsprozess beschleunigen).

Das Transportmedium ist zunächst das Interstitium, um lokal zu wirken. Für systemische Wirkung gehen sie in Blut- und Lymphbahnen über und werden auch in anderen Körperflüssigkeiten (z.B. Speichel, Liquor, Muttermilch, Urin) gefunden. Freigesetzt sehen sie zunächst wie willkürliche Flaschenpost aus. Sie werden jedoch aktiv navigiert, indem Proteine auf ihrer Oberfläche wie Adressaufkleber fungieren. Sie erkennen ihre Zielzellen und binden an sie. Sehr aktuell ist dieses Thema in der Krankheitserforschung und Therapie. Sie geben nämlich Einblicke in veränderte Zell- oder Gewebezustände und könnten zur diagnostischen Auswertung herangezogen werden.[39,40]

3. 3. 2 Hormon-Epigenetik

Hormone sind heutzutage nicht nur bekannt, sondern in aller Munde. Die Hormonsteuerung ist ein äußerst kraftvoller Mechanismus in der Biologie. Wer hätte gedacht, dass ihre durchschlagende Wirkung lange Zeit sogar noch unterschätzt wurde. Hormone haben nämlich auch Einfluss auf die Epigenetik. Sie wirken nicht nur kurz- und mittelfristig, indem sie biochemische Prozesse in Gang setzen, sondern auch langfristig durch Aktivierung von Rezeptoren, die in den Zellkern wandern und bestimmte Enzyme aktivieren, welche Gene ein- und ausschalten können. Hormone fungieren hierbei als eine Art Sensor, der die Information, dass sich eine Umweltbedingung geändert hat, in eine chemische Markierung auf der DNA übersetzt. Da Hormone auch eine Schnittstelle zwischen Psyche und Organismus darstellen, kann man hiermit festhalten, dass die Psyche auch die Gene beeinflussen kann und nicht nur umgekehrt.[41,42]

3. 3. 3 Neuro-Epigenetik

Das Gehirn ist anpassungsfähig, trainierbar und nach größeren Schäden, können gesunde Areale, geschädigte Funktionen bedingt übernehmen. Dass diese Funktionen auch auf epigenetischem Weg gewährleistet werden, ist schon länger bekannt. Neuere Forschung zeigt auf, dass die Nervenzellen des Gehirns während der Entwicklungsphase an bestimmten Stellen ihrer DNA massiv epigenetisch vorprogrammiert werden. Es findet wahrscheinlich eine Art umweltbeeinflusste (in diesem Fall die Mutter und die Einflüsse auf die Mutter) Grundkonfiguration des Gehirns statt, unabhängig von der genetischen Vererbung selbst. Am meisten staunen die

---

[39] Théry, Clotilde, u.a., Minimal information for studies of extracellular vesicles 2018 (MISEV2018): a position statement of the International Society for Extracellular Vesicles and update of the MISEV2014 guidelines, Journal of Extracellular Vesicles, 2018, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6322352/ (18.04.2026)

[40] Kalluri u. LeBleu, The biology, function, and biomedical applications of exosomes, Science, 2020, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7717626/ (18.04.2026)

[41] Zannas u. Chrousos, Epigenetic programming by stress and glucocorticoids along the human lifespan, Molecular Psychiatry, 2017, https://www.nature.com/articles/mp201735 (19.04.2026)

[42] Seebacher u. Little, Thyroid hormone links environmental signals to DNA methylation, Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences, 2024, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10838643/ (19.04.2026)

Forscher über das enorme Tempo der epigenetischen Abläufe vor der Geburt. Nach der Geburt laufen diese Änderungen nur noch sehr langsam ab. Es wird vermutet, dass durch diese epigenetische Voreinstellungen die ersten Grundlagen für die Entwicklung mancher neuro-psychologischer Krankheiten gelegt werden könnten.[43]

Im Bereich Psychosomatik wurden große Fortschritte gemacht: Psychische Traumata, die durch Dauerstress, Naturkatastrophen, aber auch schon bei sozialer Isolation und Einsamkeit, entstehen, sind auch in epigenetischen Veränderungen am Gehirn messbar. Epigenetische Veränderungen seien sogar sehr empfindlich auf soziale Erfahrungen. Es werden starke Parallelen zum beschleunigten Altern des Gehirns und des Immunsystems aufgezeigt. Negative soziale Erlebnisse würden aufgrund epigenetischer Mechanismen ernsthafte Risiken für die psychische und körperliche Gesundheit bergen und die Sterblichkeitsrate signifikant erhöhen.[44] Dass dies vor allem Kinder betrifft ist offensichtlich, weil sich ihre Psyche und ihr Nervensystem noch im Aufbau befinden. Epigenetische Mechanismen, die die Struktur und Konnektivität des Gehirns dauerhaft verändern, sind nachweislich an den psychischen Folgen beteiligt, die aus Unterernährung, Misshandlung und Armut in der Kindheit resultieren. Das Licht am Ende des Tunnels der Menschen mit solchen Kindheitserfahrungen ist jedoch, dass diese Veränderungen zwar langanhaltend, aber dennoch bedingt reversibel seien, wenn diese Kinder oder späteren Erwachsenen positive soziale Erfahrungen erleben.[45]

Was die Peripherie angeht, wurde z.B. an den Muskelzellen, sehr eindrucksvoll erforscht, wie die neuronale Steuerung die Epigenetik stark beeinflusst. Da Muskelzellen, je nach Lokalisation und Lebensweise, stark unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt sein können, müssen sie signifikant, und dabei schnell veränderbar sein. Weil sie hauptsächlich von Neuronen gesteuert werden, ist es naheliegend an dieser Stelle die Neuro-Epigenetik zu untersuchen. Es ist gut erforscht, dass die neuronale Aktivität einen starken Einfluss auf epigenetische Veränderungen der Muskulatur hat, und ist ein zentrales Thema der modernen Sport- und Neurobiologie. Ob sich eine Muskelfaser zu einem *Fast-Twitch-* oder *Slow-Twitch-Typ* entwickelt, hängt von dem unterschiedlichen Ansteuern der Nerven ab (vor allem Frequenz). Eine spätere Umwandlung, von einem in den anderen Typ, ist auch möglich. Das epigenetische An- und Ausschalten der

---

[43] Franklin, Alice u.a., Cell-type-specific DNA methylation dynamics in the prenatal and postnatal human cortex, Cell Genomics, 2025, https://www.cell.com/cell-genomics/fulltext/S2666-979X(25)00266-6 (19.04.2026)
„*Der menschliche Kortex durchläuft während der Entwicklung einen umfassenden epigenetischen Umbau, wobei die genaue zeitliche und zelltypspezifische Dynamik der DNA-Methylierung noch nicht vollständig geklärt ist. … Wir beobachteten weitreichende, entwicklungsabhängige Veränderungen der DNA-Methylierung, wobei ausgeprägte Verschiebungen während der frühen und mittleren Schwangerschaft auftraten, die sich von altersbedingten Veränderungen im postnatalen Kortex unterschieden. … was eine Rolle epigenetischer Dysregulation bei neurologischen Entwicklungsstörungen untermauert. Unsere Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der pränatalen Phase als kritisches Zeitfenster für epigenomische Plastizität im Gehirn mit wichtigen Implikationen für das Verständnis der genetischen Grundlagen neurologischer Entwicklungsphänotypen.*“

[44] Metz u. Faraji, Environmental epigenetics and the loneliness epidemic, Environmental Epigenetics, 2024, https://academic.oup.com/eep/article/10/1/dvae024/7916764 (19.04.2026)

[45] Cánepa u. Berardino, Epigenetic mechanisms linking early-life adversities and mental health, Biochemical Journal, 2024, https://portlandpress.com/biochemj/article-abstract/481/10/615/234425/Epigenetic-mechanisms-linking-early-life?redirectedFrom=fulltext (19.04.2026)

notwendigen Gene geschieht schon ab 20 Minuten bis Stunden nach der Muskelbetätigung.[46,47] Da Muskelzellen für diesen Typenwechsel neben anderen tiefgreifenden Veränderungen vor allem den Metabolismus grundlegend anpassen müssen, kann nur eine spontane genetische Anpassung diese Anforderungen erfüllen.

3. 3. 4 Mechano-Epigenetik

Die Wahrnehmung, Verarbeitung, Umleitung, Kompensation von, und Reaktion auf, mechanische Kräfte, von außen und innen, ist eines der wichtigsten Eigenschaften von lebendigen Organismen. Das Zusammenspiel dieser biologischen Fähigkeiten durch die unterschiedlichen Aktionen und Reaktionen erfordert einen hohen Grad an Informationsverarbeitung. Entsprechend wirken mechanische Kräfte auch epigenetisch, zumal sie, im größten Teil des Körpers, ohne Signalzwischenstufen, durch das plastische Gewebe, direkt am zuständigen Rezeptor, anklopfen. Eine Zusammenfassung des aktuellen Standes der Verbindung von Mechanotransduktion und Epigenetik ist erst vor einem Jahr erschienen.[48]

3. 3. 5 Trainierte Immunität

Da das Immunsystem häufig als Sondereinsatzkommando auftritt und im Akutfall lokal das Steuer an sich reisen muss, verfügt es über stark wirksame Kontroll-, Zerstörungs- und Aufbaumechanismen. Die Zellen des Immunsystems haben einen enormen Einfluss auf alle anderen Körperzellen. Da ist es nur konsequent, dass das Immunsystem sich selbst und andere Zellen signifikant und langfristig verändern (trainieren) können muss, um auf wiederholende Gefahren besser vorbereitet zu sein. Dies geschieht auch epigenetisch. Am Beispiel von Entzündungen konnte aufgezeigt werden, dass das Immunsystem sich selbst und auch das Verhalten von Gefäßzellen und Stammzellen aus dem Knochenmark epigenetisch dauerhaft verändert. Nach Abklingen von Entzündungen verbleibt eine erhöhte Bereitschaft der entzündungsfördernden Mechanismen. Bei erneutem (auch völlig anderem) Reiz reagieren die betroffenen Zellen viel aggressiver und schneller, als sie natürlicherweise tun würden. Hierin erkennt man auch den Mechanismus, warum manche Entzündungen im Körper nicht aufhören, selbst wenn der Auslöser eigentlich schon weg ist.[49]

---

[46] Gundersen, Kristian, Excitation-transcription coupling in skeletal muscle: the molecular pathways of exercise, Biol Rev Camb Philos Soc., 2011, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3170710/ (19.04.2026)

[47] Nader u. Esser, Intracellular signaling specificity in skeletal muscle in response to different modes of exercise, Journal of Applied Physiology, 2001, https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.2001.90.5.1936 (19.04.2026)

[48] Morival, Julien, u.a., Feeling the force from within – new tools and insights into nuclear mechanotransduction, Journal of Cell Science, 2025, https://journals.biologists.com/jcs/article/138/5/JCS263615/367313/Feeling-the-force-from-within-new-tools-and (19.04.2026)

[49] Hope, Emma, u.a., Trained immunity: new paradigm in the immunological memory of cardiovascular disease, Immunohorizons, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12925321/ (20.04.2026)

3. 3. 6 Sensorische Epigenetik

Auch die Interaktion mit unserer Umwelt durch unsere Sinne hinterlässt bleibende epigenetische Spuren, die einen signifikanten Einfluss auf Gesundheit und Krankheit haben und sogar epigenetisch weitervererbt werden können. Je nachdem, was wir unseren Sinnen anbieten, gönnen, präsentieren, erlauben, beibringen, abverlangen, vorenthalten, zumuten, zutrauen, aufzwingen oder vorgaukeln, bekommen wir irgendwann eine entsprechende Rechnung oder Belohnung. Unsere Sinne vergessen nicht, sind aber auch nachtragend, sind großzügig in ihrer Dankbarkeit, aber auch streng in ihrer Vergeltung. Und das nicht nur psychisch, sondern auch körperlich.

Langanhaltender sinnlicher Stress wie z.B. Lärm, Dissonanz, Gestank, blendendes oder unnatürliches Licht, Schmerz, Enge, chaotische Umgebung oder Hässlichkeit, verstärkt epigenetisch, sprich langfristig, entzündungsfördernde Mechanismen, die sich stark krankmachend auswirken. Dagegen hemmen ästhetische Erfahrungen (Neuroästhetik) - z.B. optisch: betrachten der Natur oder eines schönen Kunstwerks; akustisch: harmonische, ruhige Musik - epigenetisch Entzündungen (Psychoneuroimmunologie).[50]

Bei Säugetieren wurde anhand sensorischer Empfindungen eine epigenetische Vererbung von Ängsten nachgewiesen. Mäuse, die einen bestimmten Geruch mit Schmerz verbanden, gaben die Angst vor dem Schmerz an ihre Nachkommen weiter, indem diese mit erhöhter Anzahl an Geruchsrezeptoren dieses Duftstoffs geboren wurden. Die Nachkommen reagierten mit Angst auf diesen Duftstoff, obwohl sie ihn noch nie vorher gerochen hatten und auch keinen äußerlichen Schmerz kannten.[51,52]

3. 3. 7 Chronobiologische Epigenetik

Eng verbunden mit dem Sehsinn ist unsere „innere Uhr“. Auch sie ist genetisch (re)programmierbar. Die zuständigen Gene werden *Clock-Gene* genannt und wirken in speziellen Zellen, z.B. in der Leber oder in den Immunzellen. Sie kontrollieren z.B. den Schlaf-Wach-Rhythmus, Hormonsekretion, Blutdruck und Metabolismus. Im Gehirn haben sie einen starken

---

[50] Pizzolante, Marta, u.a., Neurophenomenology, psychoneuroendocrinoimmunology and epigenetics: towards an integrative framework for understanding the health benefits of art and aesthetic experiences, Journal of the Royal Society Interface, 2026, https://royalsocietypublishing.org/rsif/article/23/234/20250482/479764/Neurophenomenology-psychoneuroendocrinoimmunology (20.04.2026)
„*Die Neurophänomenologie, die Psychoneuroendokrinoimmunologie (PNEI) und die Epigenetik bieten innovative und sich ergänzende Perspektiven zum Verständnis der positiven Auswirkungen von Kunst und ästhetischen Erfahrungen auf das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit. Die Neurophänomenologie integriert subjektive Erfahrungsberichte mit neurowissenschaftlichen Daten und liefert wertvolle Erkenntnisse darüber, wie ästhetische Erfahrungen positive emotionale Reaktionen hervorrufen, Stress abbauen und die kognitive und emotionale Entwicklung fördern. Die PNEI hingegen untersucht die bidirektionale Kommunikation zwischen Nerven-, Hormon- und Immunsystem und bildet die Grundlage für die Erforschung, wie spezifische psychologische Erfahrungen, auch positive, die körperliche Gesundheit beeinflussen. Die Epigenetik wiederum kann als Brücke zwischen diesen Bereichen dienen, als biologischer Übersetzer, der Umwelt- und Erfahrungsfaktoren mit der Genexpression verknüpft.*“

[51] Dias u. Ressler, Parental olfactory experience influences behavior and neural structure in subsequent generations, natur neuroscience, 2013, https://www.nature.com/articles/nn.3594 (20.04.2026)

[52] Naveed u. Bao, Sperm-borne small non-coding RNAs: potential functions and mechanisms as epigenetic carriers, Cell & Bioscience, 2025, https://link.springer.com/article/10.1186/s13578-025-01347-4 (20.04.2026)

Einfluss auf Kognition, synaptische Verschalungen, Gedächtnis und Stressreaktion. Die innere Uhr wird epigenetisch eingestellt und kann über gestörte Wahrnehmung von Licht (z.B. Blaulicht in der Nacht) über die Netzhaut dauerhaft verstellt werden. Die Folge ist, dass die Fähigkeit der inneren Uhr, sich an Lichtverhältnisse anzupassen, eingeschränkt wird.[53] Die epigenetische Verstellung der *Clock-Gene* in der Leber haben über das Hormon- und Nervensystem einen fördernden Einfluss auf Stoffwechselerkrankungen.[54] Die *innere Uhr* misst auch das biologische Alter. Blaulichtexposition in der Nacht und Schichtarbeit können diese Uhr epigenetisch vorspulen. Menschen mit gestörtem Schlafrhythmus können biologisch zwei bis vier Jahre älter sein als die chronologische Zeit. Die Ursache ist ein Verlust epigenetischer Stabilität in den Rhythmus-Genen.[55]

3. 3. 8 Metabolische Epigenetik

Die organische Energieversorgung und -verarbeitung hat selbstverständlich den wichtigsten Einfluss auf die Zellregulation und -kommunikation. Ohne Energie tut sich nämlich nichts. Die Epigenetik hat jedoch aufgezeigt, dass das Feingefühl der Zellen für die Brenn- und Baustoffe noch um einiges intensiver und weitreichender ist, als gedacht. Stoffwechselendprodukte sind keineswegs nur Recycling- und Abfallprodukte. Sie dienen den Zellen auch als Information, nach welcher sie ihre Funktionen kontinuierlich an die Gegebenheiten anpassen. Ist die Konzentration hoch oder langfristig, werden auch entsprechende Gene an- oder ausgeschaltet. Dies betrifft nicht nur Ernährungsart und -menge, sondern auch körperliche Aktivität und Fasten. Diese Zusammenhänge sind, meiner Meinung nach, wahrscheinlich der Grund, warum Mitochondrien (die Kraftwerke der Zellen) eine eigene DNA besitzen. Dies ermöglicht ein hochpräzises und unmittelbares Anpassen an die Energieverfügbarkeit. Die Gene sind genau dort, wo die Energie umgewandelt wird, damit die chemischen Signale gleich verarbeitet werden können. Das Thema der metabolischen Wirkung auf die Gene ist sehr umfangreich. Das sollte hier als Zusammenfassung reichen.

3. 3. 9 Steuerungshierarchie

Dass die Zelle nicht vom Genom gesteuert wird, hat sich schon länger herauskristallisiert. Es liefert nur die nötigen Werkzeuge, Schablonen und Voreinstellungen für individuelle Aufgaben und Konstruktionspläne. Wenn wir im Hinblick auf die Steuerung jedoch die Epigenetik betrachten, stellt sich die Frage, wer oder was darüber entscheidet, welches Werkzeug wann gewählt wird. Hierbei ist eine vierstufige Hierarchie erkennbar: Die unterste Stufe ist die Zelle selbst. Sie besitzt eine eigene entscheidungsfindende Intelligenz. Sie reagiert auf unterschiedlichste Reize und Signale aus der Umwelt und passt ihre Funktionen in vielen grundlegenden Bereichen selbstständig an. Z.B. mechanische, thermische, chemische (z.B. pH-Wert, Sauerstoffsättigung),

---

[53] Kim u. McMahon, Effects of DNA methylation inhibitors on light-induced circadian clock plasticity, Science Direct Elsevier, 2025, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451994425000239?via%3Dihub (20.04.2026)

[54] Sharma, Shaiphali, u.a., Liver clock: Malalignment and entrainment therapeutics, World Journal Gastrointest. Pharmacol. Therapeutics, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12968633/ (20.04.2026)

[55] Ferrari, Luca, u.a., Impact of night shift work on telomere length and epigenetic age in older workers, Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12487556/ (20.04.2026)

biochemische (z.B. Nährstoffgehalt) oder kolloidosmotische Reize. Die zweite Stufe betrifft die Interaktion zwischen den einzelnen Zellen. Die dritte Stufe sind die unterschiedlichen Steuerungssysteme, die kontrollierte Signale über fern oder nah aussenden, welche von entsprechenden Rezeptoren der Zelle wahrgenommen werden. Der Hierarchie folgend, werden diese Signale als Befehle angenommen und umgehend durch entsprechende Übersetzung verarbeitet. Das Wort „unterschiedliche“ besagt ja schon, dass die Steuerungssysteme selbst übergeordnet koordiniert werden müssen. Bei der vierten und obersten Stufe sind wir bei der Metasteuerung angelangt und müssen wieder passen: Wir wissen nicht, *was* übergeordnet steuert. Und wir wissen nicht, *von wo aus* es geschieht. Das Gehirn kann es übrigens auch nicht sein. Auf alle Fälle ist die gesamte organische Steuerung ein Zusammenspiel zwischen Oberverwaltung, systemischen Steuerungen, Zell-Zell-Interaktion und eigenständiger Anpassung.

3. 4 Fazit zu Genetik und Epigenetik

Bevor wir mit der Steuerung weitermachen, soll nach dieser kurzen Darstellung der Geschichte, Funktionsweise und Möglichkeiten der Epigenetik, nochmal die beschränkte Rolle des starren Genoms betont werden. Bei aller Bedeutung der Erbanlagen wird zunehmend deutlich, dass nicht die Gene die Zelle steuern, sondern die Wahrnehmung der Zelle von ihrer Umgebung, in Zusammenarbeit mit übergeordneten Systemen, die Gene steuert. Ein Signal von außen führt dazu, dass Enzyme an bestimmte Stellen der DNA geschickt werden, um dort „Schlösser“ anzubringen oder zu entfernen. Die DNA ist keine Drehorgel, sondern hat sich als ein interaktives Musikinstrument entpuppt, dessen Spielregeln nur teilweise verstanden werden. Die DNA ist kein unantastbares Archiv.

3. 5 Fremde Übernahme der Steuerung

Eine Steuerung kann durch fremde Einwirkung gestört oder unterbrochen werden. Das ist selbstverständlich auch in biologischen Systemen möglich und uns allen bekannt. Z.B. der Stromschlag, der das Herz anhält, lähmendes Gift oder eine Schmerztablette. Man kann sie aber auch manipulieren oder sogar zum Teil übernehmen. Das berühmteste Beispiel hiervon ist wohl Luigi Galvani und die Schenkel von sezierten Fröschen, die er durch galvanische Ströme zum zucken brachte (ca. 1780). Heutzutage ist man in der Lage lebende Insekten oder Tiere, neben anderen Methoden, durch Licht-, Ultraschall-, oder Magnetfeldsignale, wie ein ferngesteuertes Spielzeugauto teilweise zu steuern oder ihr psychisches und soziales Verhalten grundlegend per Knopfdruck zu verändern.

Die wissenschaftliche Erforschung manipulativer Medikamente oder Methoden in der westlichen Medizin begann schon Mitte des 19. Jh. Die allgemeine Innere Medizin der westlichen Welt beruht schon seit vielen Jahrzehnten fast vollständig auf dem Prinzip der gezielten Manipulation von Regelkreisen. Den Blick dafür, stattdessen körpereigene Funktionen zur Selbstheilung mehr zu unterstützen, hat man wohl weitestgehend verloren. Seit Beginn des Verständnisses epigenetischer Mechanismen aus den 1990er und 2000er Jahren, wurde dieses Denken

entsprechend verschärft. Die Erforschung von Medikamenten, welche Gene künstlich an- und ausschalten sollen (*Epidrugs*), werden als äußerst vielversprechend betrachtet.[56]

Eine Steuerung basiert auf dem Prinzip des Kraft- oder Informationstransfers. Der Transfer benötigt einen Weg, meistens eine oder mehrere Umwandlungen/ Übersetzungen und wird häufig auch über Zwischenstufen weitertransportiert/ -gegeben. Um eine Steuerung künstlich zu übernehmen, muss nicht der gesamte Übertragungsweg gekapert werden. Es reicht, wenn man an einer der Zwischenstufen manipulativ eingreift. Was die Epigenetik betrifft, gibt es hierbei zwei grundlegend unterschiedliche Wege, was den Schwierigkeitsgrad angeht. Der viel schwierigere Weg ist es, die passenden Werkzeuge zum an- oder ausschalten ganz bestimmter Gene mitzubringen. Es ist einfacher die Zelle dazu zu bringen, „freiwillig" die entsprechenden Mechanismen einzuleiten - sie sozusagen zu belügen, nötigen oder zwingen. Man trennt sie vorher von der natürlichen Steuerung und löst an einer der Stellen des Informationsweges einen passenden künstlichen Reiz aus, den die Zwischenstufen in die nötige Endinformation übersetzen. Ein Beispiel anhand einer Muskelzelle: Getrennt vom Organismus (in vitro) wurde an Muskelgewebe von Mäusen gezeigt, dass allein durch künstliche Muskelkontraktion, epigenetische Veränderungen stattfanden. Getrennt vom ZNS, von den motorischen Nervenbahnen des Tieres und des Blutkreislaufs (um jeglichen Einfluss von Neurotransmittern oder Hormonen auszuschließen) wurde der Muskel durch elektrische Stimulation bewegt. Die epigenetische Freigabe bestimmter Gene ist nicht nur erfolgt, sondern auch noch in einer Zeit, die die Forscher überraschte - innerhalb von 20 Minuten.[57]

3. 5. 1 Mikrobiotische Steuerung

In der Welt der Mikroorganismen und Insekten ist das Prinzip der Übernahme des Steuers fremder Organismen ein häufiges Phänomen. Dies geschieht neben dem biochemischen Weg, auch …

- Neurologisch, anatomisch (Cordyceps: „Zombie-Ameisen-Pilz“)
- Neurologisch, anatomisch, hormonell (Juwelwespe)
- Molekularbiologisch, epigenetisch (Hormaphis cornu: eine Blattlaus)
- Hormonell, neurologisch, epigenetisch, immunologisch (Toxoplasma gondii: ein Protozoe)
- Hormonell, epigenetisch, metabolisch, zytologisch, genomisch (Wolbachia: ein Bakterium)
- Hormonell, enzymatisch, epigenetisch, exosomal (Gallwespe)
- Enzymatisch, epigenetisch, schwarmintelligenz-basiert (Honigbienenkönigin)
- Enzymatisch, molekularbiologisch, epigenetisch, episomal (Baculoviren)
- Neurologisch, sinnlich, mechanotransduktiv, ??? (Leucochloridium paradoxum: ein Saugwurm)

---

[56] Iyer, Kavita A., u.a. The Future of Epigenetics: Emerging Technologies and Clinical Applications, ACS Pharmacology & Translational Science, 2026, https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsptsci.5c00729 (21.04.2026)

[57] Barrès, Romain, u.a., Acute Exercise Remodels Promoter Methylation in Human Skeletal Muscle, Cell Metabolism, 2012, https://www.cell.com/cell-metabolism/fulltext/S1550-4131(12)00005-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1550413112000058%3Fshowall%3Dtrue (20.04.2026)
„*Intrazelluläre Signalwege, die mit Muskelkontraktion und trainingsinduzierter Genexpression assoziiert sind, können durch Neurotransmitter und zirkulierende Faktoren aktiviert werden. Daher untersuchten wir isolierte Soleusmuskeln von Mäusen, um festzustellen, ob extrazelluläre Faktoren an der trainingsinduzierten Hypomethylierung beteiligt sind. … Somit ist die durch Kontraktion induzierte Genexpression mit einer Umstrukturierung der Promotormethylierung assoziiert, unabhängig von trainingsinduzierten Veränderungen der Neurotransmitter oder zirkulierender Faktoren.*“

- Neurologisch, sinnlich, molekularbiologisch, hormonell, chronobiologisch (Saitenwurm)
- Neurologisch, anatomisch, hormonell, molekularbiologisch, epigenetisch, enzymatisch, (Wurzelkrebs)

(Aus Gründen der Vereinfachung oder Betonung wurden einige Mechanismen begrifflich zusammengefasst oder unterteilt.)

Für Leser, die einen kleinen biologischen Realitätsschock („*ist ja unglaublich*“) bekommen möchten, oder auf Horrorkomödien stehen, sei empfohlen, nach den Tierchen zu googeln.

3. 5. 2 Der Mensch als Wirt

Auch der Mensch kann Parasiten in sich beherbergen, meistens ohne es (direkt) zu merken. Untermieter müssen aber nicht notwendigerweise schlecht sein. Ganz im Gegenteil, im Großen und Ganzen, wirkt sich das Zusammenleben des Menschen mit sehr vielen Mikroorganismen positiv auf beide Parteien aus. Wir leben mit ihnen in Symbiose. Teilweise sind sie sogar ein wichtiger Bestandteil für unsere Gesundheit, und das ist noch sehr gelinde ausgedrückt. Diese Thematik wurde bedauerlicherweise lange Zeit vernachlässigt und steckt noch in Kinderschuhen. Das jetzt schon ersichtliche Ausmaß der Bedeutung unseres Mikrobioms scheint gewaltig zu sein. Angesichts der Tatsache, dass Antibiotika die letzten hundert Jahre massenhaft eingesetzt wurden, ohne diese Rahmenbedingungen großartig zu bedenken, kann man von einer Katastrophe mit unbekannten, aber sehr wahrscheinlich gravierenden Folgen ausgehen. Ein Beispiel: Erst 2010 hat man festgestellt, dass die Lunge doch nicht steril ist, wie davor felsenfest angenommen wurde. Das Mikrobiom der Lunge ist sehr bedeutend für ihre Gesundheit - wird aber bei *jeder* Antibiotikumtablette geschädigt. Dass Antibiotika oder Konservierungsmittel vielfach auch in Nahrung, Wasser, Hygieneartikel und Luft vorkommen, ist ein Sahnehäubchen des Krankheitskuchens unserer Zivilisation.

Unser Mikrobiom kann uns auch teilweise zielgerichtet beeinflussen (bedingt manipulieren/ steuern). Beispiele aus der Darmflora: Manche Batterien können biochemische Stoffe, die körpereigenen sehr ähnlich sind, freisetzen und so den Hunger steigern. Manche Bakterien produzieren bei entsprechender „Fütterung“ Dopamin und Serotonin, welche als Neurotransmitter über den Vagusnerv, welcher Darm und Gehirn verbindet, unter anderem Glücksgefühle auslösen. Wenn jemand z.B. ein Süßigkeiten-, Fett-, Fleisch-, Brot- oder Gemüseliebhaber ist, ist er zum Teil auch eine Art Handlanger seiner Darmflora. Bei einer Ernährungsumstellung schmeckt häufig das ungewohnte Essen nicht. Dies ändert sich jedoch meistens nach einigen Wochen - mitunter weil die entsprechende Fraktion im Darm durch den neuen Energievorteil an Menge sowie Einfluss gewinnt und entsprechend den Geber auf seine Sprache motiviert, sie weiterzuversorgen.

Dass manche Bereiche unseres Daseins auch teilweise mit fremdgesteuert werden, nagt vielleicht etwas an unserem Stolz („*Nein, ich habe die Chipspackung aus freien Stücken geholt!*“), ist aber nicht weiter schlimm. Zumindest - solange es auf biochemischem und physiologischem Weg vonstatten geht und solange beide Parteien davon, mehr oder weniger, profitieren. Doch - gesetzt den Fall, etwas oder jemand fängt an, sich epigenetisch an uns zu vergreifen, ist es eine massive Grenzüberschreitung, und kann nicht als Bagatelle abgetan werden.

Schluss

Krebs ist auch eine Variante von fremder Übernahme körpereigener Steuersysteme. Wie macht Krebs das?

1. Durch die *Hallmarks of Cancer* ist uns bekannt, dass Krebs sein Unwesen vor allen Dingen epigenetisch treibt.
2. Weil Krebs zu einem Bestandteil des Organismus wird, ist er auf die Funktionsweise des Organismus angewiesen.
3. Wir haben jetzt grob gelernt was Epigenetik ist und wie der Organismus sie in gesunder, physiologischer Weise verwendet.
4. Wir wissen jetzt nicht nur, *was* Krebs tut, sondern auch *wie* er es tut.

Einerseits kann es die Wut auf Krebs erhöhen: Er ist nicht nur Dieb, Halunke und Vandal. Er ist nicht nur Besetzer und Unterschläger. Darüberhinaus nutzt er auch noch die Kommunikation des Opfers rigoros aus. Was für eine Unverfrorenheit! Auf der anderen Seite ist das unsere Chance. Durch die Offenbarung dessen, wie er handelt, kann man viele Verdächtige ausschließen und den Kreis der möglichen Täter sehr stark eingrenzen. Wer oder was ist in der Lage, auf den genannten Wegen, Zellen epigenetisch zu verändern? Ab jetzt sollte es eigentlich nicht mehr schwer fallen, den fremden Steuermann zu identifizieren.

Doch wie eingangs betont: Erkenntnis muss reifen. Erkenntnis ist nicht gleichzusetzen mit Wissen. Wissen zu erlangen, bedeutet lediglich neue Informationen zu erhalten und das ist - vor allem heute - recht einfach und billig. Erkenntnis ist etwas wertvolles. Doch etwas so überaus Gutem ist nicht erlaubt, ohne Konditionen zu existieren. Der Preis der Erkenntnis ist es, geliebte Vorstellungen abzulegen - sie zu verlieren.

Was Technologie angeht, laufen wir dem neuesten „Fortschritt“ förmlich hinterher. Die Vorgängermodelle werden recht bald verkauft oder weggeworfen. Bei naturwissenschaftlichen Themen scheinen moderne Menschen dagegen eine Art Vorliebe für Nostalgie zu besitzen. Manche neuen Erkenntnisse schaffen es einfach nicht in die Allgemeinheit durchzudringen, teilweise über viele Jahrzehnte. Beispielsweise wird an Universitäten immer noch ein unlogisches und längst widerlegtes Ursachenverständnis für die Entstehung von Gewittern, Blitzen und Wirbelstürmen gelehrt. Bei Medizin sei beispielhaft der fachliche Trugschluss erwähnt, dass *therapeutisches Insulin* den Blutzucker hauptsächlich darin senke, indem es die Glukose in die Muskel- und Fettzellen treibe. Oder die Überbetonung der *Proteine* in der Allgemeinheit und die extreme Fokussierung auf das *Vitamin C* unter Laien. Die historischen Grundlagen dieser Missverständnisse findet man bei *Insulin* und *Vitamin C* in den 1960er bis 1970er Jahren und bei den *Proteinen* sogar schon in der zweiten Hälfte des 19. Jh.

Auch unser Verständnis von den Abläufen der Welt bedarf ab und zu eines Frühjahrsputzes und der Entrümpelung von ausgedienten Vorstellungen. Allein an den eben genannten Beispielen, könnte man wahrscheinlich am Puls einiger Leser merken, dass das nicht immer einfach ist, weil uns so manch ein wissenschaftliches Erbstück ans Herz gewachsen ist.

Doch zurück zu Krebs:

Über den wichtigsten Faktor haben wir noch gar nicht gesprochen. In der Forschung der Biologie liegt ein hochaktueller und entscheidender Durchbruch vor.

Was fällt Ihnen auf, wenn Sie die unterschiedlichen Steuerungsmechanismen unseres Organismus auf Seite 17 betrachten? Was ist ihre Gemeinsamkeit?

Wir haben Krebs und unseren Körper bis jetzt hauptsächlich aus der Sicht der chemischen Biologie betrachtet. Neben Krebs ist uns nun auch unser eigener Körper besser bekannt. Wir haben aber noch nicht das gesamte Bild. Das einleitende Zitat im Vorwort von *Marie Curie* wurde nicht nur thematisch gewählt, sondern auch, um etwas zu verdeutlichen. Ich habe einmal eine Definition für *Weisheit* gelesen, die mir sehr gefällt: „*Weisheit ist die Fähigkeit, unterschiedliche Perspektiven miteinander zu verbinden, und daraus eine Lösung zu finden.*“ *Marie Curie* ist bisher die einzige Frau, die zwei Nobelpreise erhielt. Einen für Physik - und schon acht Jahre später einen für Chemie. Um unser Verständnis unseres Körpers, und damit einhergehend auch von Krebs, zu vervollständigen, müssen wir uns nun intensiver der Physik widmen.

« But that’s a story for another day. »